Série C.
N° d'Ordre : 4.

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE RENNES

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

ANDRÉ LECRECQ

1re Thèse. — ACTION DES SOLS ET DES ENGRAIS SUR LES PROPRIÉTÉS DES BLÉS DITS « A MAUVAISE VALEUR BOULANGÈRE ».

2me Thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 8 JAN 1940 devant la Commission d'examen.

MM. BOUZAT..... *Président.*
CHALAUD.... } *Examinateurs.*
MILON..... }

RENNES
IMPRIMERIES OBERTHUR

1939

Série C.
N° d'Ordre : 4.

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE RENNES

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

ANDRÉ LECRECQ

1re Thèse. — ACTION DES SOLS ET DES ENGRAIS SUR LES PROPRIÉTÉS DES BLÉS DITS « A MAUVAISE VALEUR BOULANGÈRE ».

2me Thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le **devant la Commission d'examen.**

MM. BOUZAT..... *Président.*
CHALAUD.... } *Examinateurs.*
MILON..... }

RENNES
IMPRIMERIES OBERTHUR

1939

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE RENNES

Doyen..... M. A. Bouzat.
Assesseur..... M. Y. Milon.

Professeurs honoraires.

MM. L. Daniel.
P. Lesage.
J.-M. Le Roux.
L. Bordas.
L. Tison.

PROFESSEURS

MM.	A. Bouzat.....	Chimie.
	F. Conduché.....	Chimie.
	L. Antoine.....	Mathématiques.
	P. Le Rolland.....	Physique.
	Y. Milon.....	Géologie et Minéralogie.
	M. Légaut.....	Mathématiques.
	R. Poisson.....	Zoologie.
	G. Chalaud.....	Botanique.
	M. Duffieux.....	Physique P. C. B.
	F. Salmon-Legagneur.....	Chimie P. C. B.

Secrétaire..... M. A. Javalet.

Action des sols et des engrais sur les propriétés des blés dits « à mauvaise valeur boulangère »

PAR

A. LECRECQ

Assistant de Chimie agricole, Faculté des Sciences de Rennes.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41542723_0014

PREMIÈRE PARTIE

Introduction.

Travaux antérieurs.

Méthodes de Travail

INTRODUCTION

Ce travail a pour objet l'étude des modifications apportées à la qualité des blés et du pain, en rapport avec la fumure minérale et la nature du sol.

Le nombre des éléments concourant à l'élaboration de la plante est considérable. Si l'on voulait étudier le rôle de chacun d'eux, et tirer une interprétation chimique et biologique des résultats, on serait conduit à un nombre d'expériences très élevé. En outre, ces études seraient fort délicates; certains éléments qui se présentent seulement à l'état de traces jouent en effet un rôle très important.

Parmi les problèmes posés, nous avons cherché l'influence de la minéralisation sur la qualité du blé et non sur son rendement. Toutefois, ce facteur n'a pas été négligé car il est, dans ce domaine, impossible de séparer entièrement les recherches théoriques du résultat pratique. On ne peut pas oublier qu'un blé, même de qualité supérieure, n'a plus aucun intérêt si ses rendements sont trop faibles.

En étudiant ces questions, nous avons voulu savoir s'il était possible théoriquement et pratiquement de transformer un blé à rendements élevés, mais donnant une farine de mauvaise qualité boulangère, en un blé donnant une farine de qualité tout en conservant sa valeur culturale.

Les échantillons analysés proviennent de cultures faites :

1° sur pots de sable arrosés à l'aide de solutions nutritives;

2° sur pots de terres diverses;

3° en plein champ, dans des régions différentes, avec un apport d'engrais appropriés.

Ce travail a été effectué, en ce qui concerne les analyses au *Laboratoire des recherches industrielles et agricoles* de la Faculté

des Sciences de Rennes. Qu'il me soit permis de remercier ici : M. le Doyen Bouzat qui ne m'a ménagé ni ses conseils ni ses crédits; MM. les Professeurs Chouard et Conduché qui ont bien voulu s'intéresser à ces recherches; MM. le Docteur Marquis, Directeur de l'École de Médecine de Rennes et Prodhomme, propriétaire de la minoterie de Jouet, à Rennes, qui ont mis avec tant d'obligeance à ma disposition leurs matériels de mouture, de mesures extensimétriques et de panification ainsi que la compétence de leurs collaborateurs MM. Molard et Mongault; M. Vincent, Directeur de la Station agronomique de Quimper, à qui la science agronomique bretonne doit tant; enfin et surtout M. le Professeur Chalaud qui a fait preuve à mon égard d'une bienveillance extrême et m'a aidé de toute sa grande expérience, lui qui fut collaborateur de M. G. Nicolas, pour l'amélioration des blés du Sud-Ouest.

TRAVAUX ANTÉRIEURS

A. — HISTORIQUE

1. **Des Origines à 1933.** — Jusqu'en 1933, époque à laquelle ont commencé nos recherches, les différents auteurs s'étaient surtout intéressés aux engrais au point de vue de leur action sur le rendement du blé à l'hectare; un nombre considérable de travaux ont été effectués dans cet ordre d'idées; aucun ne s'est attaché particulièrement à l'amélioration qui pouvait être apportée à la composition des farines du fait de la fumure.

Cependant l'intérêt d'une telle question n'avait pas échappé à quelques chercheurs. Dès 1889, on lie l'idée de qualité du blé à la teneur en gluten; mais en 1897, Aimé Girard et Fleurent (19), persuadés que la teneur du gluten n'était pas forcément un critérium de valeur boulangère, abordent l'étude complète et systématique du grain de blé et de la farine; ils indiquent des méthodes qui sont encore utilisées de nos jours. Fleurent isole du gluten deux constituants, la gliadine et la gluténine et établit le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}} = \frac{75}{25}$ comme correspondant à la composition optimum d'un gluten dans une bonne farine. Puis paraissent les travaux de Schribaux, de Zolla, de Vilmorin, Arpin, Gain. En 1909, Lindet étudie l'influence des engrais azotés sur la teneur en gluten des farines; il reprendra la question en 1918 et s'occupera de la valeur boulangère des farines (113). A la même date, Rousseau et Sirot (120) proposent le rapport des matières azotées solubles aux matières azotées totales, égal à un chiffre variant de 17,4 à 19,1 %, comme indice d'une farine de bonne qualité.

Dupont étudie les variations de la teneur en azote et en gluten des blés, en fonction de la fumure (60).

Après la guerre, les statistiques font apparaître un déficit considérable dans la production (environ 10 millions de quintaux). Les emblavures ont diminué, la main-d'œuvre manque. Les génétistes, désireux de combler le déficit de notre production, s'occupent uniquement d'adapter à notre sol des variétés à haut rendement.

Le machinisme, suppléant la main-d'œuvre déficiente, s'installe en maître; l'artisan avec son point d'honneur et sa haute conscience est devenu un peu désuet. Les grandes villes (Bruxelles, Clermont-Ferrand) installent des usines à pain. Ailleurs la boulangerie s'industrialise.

Le grand public s'aperçoit bientôt que la qualité du pain a baissé. On cherche les causes. Elles sont complexes et échappent en grande partie à l'analyse. Les intérêts divers entrent en jeu, chacun rejette les fautes sur autrui. Sur un seul point seulement tout le monde est d'accord : l'arrêt des importations des blés argentins et canadiens dits blés de force, que l'on incorporait à 10 % au moins aux farines locales, a diminué la valeur du pain, c'est-à-dire la *valeur boulangère* des farines. Cette question de la valeur boulangère des blés est dès lors à l'ordre du jour.

A la suite de la découverte de G. Bertrand sur l'action du manganèse dans les processus d'oxydation, on étudie systématiquement l'action de ce qu'on a appelé les éléments énergétiques, éléments qui agissent à l'état de petites quantités. Pendant la période de 1925-1933, on recommence à examiner plus en détail le chimisme de la plante. La difficulté des recherches oblige à mettre au point des méthodes plus précises pour l'évaluation des petites quantités de minéraux, pour l'appréciation des éléments assimilables des sols.

C'est aussi la période où l'on essaye d'acclimater et d'hybrider les variétés exotiques telles les Manitoba, les Florence Aurore. On a l'espoir, souvent réalisé, d'obtenir des variétés nouvelles participant des qualités « de force » des géniteurs.

Cependant une grosse difficulté surgit. On manque de méthodes sûres et pratiques pour évaluer la valeur boulangère des blés et pour les comparer entre eux. On n'a guère à sa disposition que les renseignements fournis par les méthodes chimiques

élaborées depuis près d'un demi-siècle déjà. Comme appareil de mesure, on en est resté à l'aleuromètre Balland. d'Arbouet (94) préconise son utilisation, mais le perfectionne en lui ajoutant une échelle d'étalonnage, qui rapporte la valeur d'une farine à l'aspect et au volume du petit bloc de gluten sec, cuit dans le cylindre de l'appareil primitif. Rappelons que, dans cet appareil, la cuisson de la boulette de gluten se fait au bain d'huile et que l'on observe le gonflement du gluten grâce au déplacement d'un petit piston.

2. **De 1933 à nos jours.** — Enfin, en 1933, c'est le commencement des recherches systématiques sur la valeur boulangère des blés.

Donner une définition de la valeur boulangère est chose très difficile car les conceptions que l'on peut se faire du bon pain sont nombreuses et diverses. Nous n'en retiendrons que deux qui nous paraissent résumer d'une façon concrète et exacte les qualités que l'on doit attendre d'un pain de bonne qualité.

D'après Armand Gautier (111) : « Le bon pain doit être léger, sonore, bien levé; il doit donner 22 % d'une croûte dorée, cassante, difficile à séparer de la mie; celle-ci doit être élastique, à larges cavités; si, le pain étant refroidi, on le comprime modérément entre le pouce et l'index, la mie ne doit pas coller à elle-même, mais revenir lentement à son premier volume; elle ne doit pas s'attacher aux doigts qui la pétrissent; le bon pain doit absorber beaucoup de liquide sans se délayer lorsqu'on le trempe; il ne doit pas s'effriter sous le doigt; la couleur de la mie doit être blanc jaunâtre, très clair; elle doit être légèrement translucide; son odeur douce de froment ne doit rappeler ni l'aigre, ni le moisi, ni le fermenté. Après 12 à 15 heures, le pain devient rassis et s'émiette sous les doigts; son goût est alors moins délicat, mais il devient plus facile à digérer, parce qu'il est plus perméable aux sucs digestifs; un pain trop humide et mal levé rassit trop vite et devient immangeable en 24 heures; le bon pain devenu rassis reste bon pendant plusieurs jours, sauf la mince couche séchée à l'air; un tel pain est loin de répondre à celui qui se trouve actuellement dans les boulangeries. La couleur jaune crème du bon pain ne doit

pas être due à une forte teneur en son ou impuretés; il s'agit d'une couleur donnée par la présence de certaines diastases oxydantes issues des assises superficielles du grain, qui agissent particulièrement sur la tyrosine, en modifient la couleur. »

Le docteur Lenglet (111), fait correspondre le bon pain à une farine extraite à un taux, variable avec les procédés de mouture, mais n'excédant pas le poids à l'hectolitre (75 à 80 %). Cependant le pain doit garder ses éléments vitaminés, ce qui oblige à ne pas abandonner trop d'issues.

Fleurent, dont la compétence dans ces questions est reconnue de tous, donne aussi une définition du bon pain : « Pain fait avec une farine qui reste blanche jusqu'au taux d'extraction correspondant à la farine entière. Ce taux peut atteindre 75 % du poids du blé. La texture de la mie doit être spongieuse et présenter une grande élasticité. *La farine devra contenir au moins* 7 % *de gluten sec ;* il faudra en régler le travail. Quant à la fermentation et à la cuisson, la science est moins bien renseignée : la *boulangerie devra s'industrialiser.* »

B. — MÉTHODES PERMETTANT D'ÉVALUER LA VALEUR BOULANGÈRE DES BLÉS

A la base, c'est l'analyse chimique ordinaire de la farine que l'on doit utiliser. Elle comporte les déterminations suivantes : humidité, cendres, matières grasses, acidité, gluten humide, gluten sec, degré d'hydratation du gluten, examen microscopique, essai Pékar, toutes méthodes classiques que l'on trouve exposées dans les traités d'analyse de matières alimentaires. Ces analyses permettent dans une certaine mesure de déceler les farines de mauvaise qualité : vieilles farines, farine de blé germé, mélanges de farines étrangères, de farine basse, etc., mais quel est l'analyste qui n'a eu à examiner des farines donnant, au dire du boulanger, un pain rebutant la clientèle et qui, à l'analyse chimique, se révélaient très normales ? La technique a donc

été conduite à rechercher d'autres méthodes d'appréciation. On peut classer les méthodes d'examen proposées jusqu'ici en 3 groupes : méthodes chimiques, méthodes physico-chimiques et méthodes mécaniques.

I. — MÉTHODES CHIMIQUES

1. **Méthodes diastasiques.** — Les méthodes diastasiques, qui étudient la façon dont se comporte une farine à la fermentation panaire, évaluent en particulier le rapport du gaz carbonique conservé par la pâte au moment de l'enfournement au gaz carbonique total dont elle a disposé. D'après les travaux de Bailey, de Loeb, de Martin (101) le pouvoir diastasique des blés français est toujours suffisant ; aussi ces méthodes présentent-elles un intérêt médiocre.

Le procédé Pelsenke peut cependant être placé parmi les procédés diastasiques et on ne peut lui dénuer toute valeur. Il mesure les temps de rupture d'une boulette faite d'un poids connu de blé et mise dans de l'eau à température donnée. Cette méthode permet un classement grossier des blés et évalue à la fois les propriétés élastiques du gluten et l'activité diastasique de la farine. H. Engelke (14) décrit une méthode permettant d'étudier sur 2 grammes la valeur boulangère. C'est une modification de la méthode Pelsenke. L'auteur ajoute à la boulette une certaine quantité de levure et mesure le volume des gaz formés.

2. **Méthodes purement chimiques.** — Parmi les procédés chimiques, les dosages portent surtout sur le gluten et ses constituants, gliadine, gluténine et l'évaluation de différents facteurs tels que l'azote soluble, l'azote total, teneur en cendres, acidité, matières grasses, phosphore, magnésie et certains rapports comme $\frac{\text{soufre,}}{\text{azote}}$ $\frac{\text{azote soluble,}}{\text{azote total,}}$ $\frac{\text{gliadine.}}{\text{gluténine.}}$

Examinons brièvement ces diverses déterminations et les critiques qu'elles ont suggérées aux différents auteurs.

a) **Le gluten.** — La détermination du gluten a été, à l'origine, considérée comme le moyen d'évaluer la valeur d'une farine. Ses propriétés d'élasticité, les différences qu'il présente, et qu'un analyste exercé perçoit très bien, permettent d'apprécier grossièrement les qualités boulangères des farines. Malheurement ces qualités du gluten (gluten court, mou, long) ne se chiffrent pas. Le mode d'extraction, bien que codifié d'une façon aussi rigoureuse que possible, donne des divergences assez sérieuses entre les divers expérimentateurs. Quoi qu'il en soit et malgré les critiques qu'on est obligé d'en faire, la détermination du gluten reste indispensable, car c'est lui qui crée la propriété qu'a la farine de blé de se prêter à la panification. Une teneur en gluten élevée a été, par la suite, considérée comme facteur important des qualités d'une farine; et durant des années, on s'en est tenu à cette considération. Bientôt cependant, on s'aperçut que certaines farines à forte teneur en gluten ne donnaient pas un pain satisfaisant. On est arrivé à admettre qu'à partir d'un taux moyen de matières albuminoïdes extractibles, la teneur en gluten n'agissait pas seule sur les qualités boulangères. Cette dernière considération amena Fleurent à entreprendre l'analyse du gluten. Il trouva ainsi qu'une partie de ce dernier était soluble dans l'alcool à 70° potassique, partie qu'il appela gliadine, tandis qu'une autre fraction qu'il dénomma gluténine restait insoluble.

b) **Rapport** $\frac{\textbf{gliadine}}{\textbf{gluténine}}$ — A la suite d'innombrables analyses, il fut conduit à proposer le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ pour l'évaluation des qualités boulangères. Il admit qu'une farine de bonne qualité doit présenter un rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}} = \frac{75}{25}$ et que, pour un rapport de $\frac{80}{20}$, la pâte se travaille bien mais tombe au four; pour $\frac{66}{33}$, on ne peut plus la travailler.

Bien des auteurs, Potel (101). Braun (96) par exemple ont adressé des critiques à cette méthode d'évaluation. On lui reproche en particulier d'être délicate et de porter sur le gluten dont l'extraction présente des différences sensibles si on change le processus. D'autre part, peut-on affirmer, dans l'état actuel de nos connaissances, que la gliadine et la gluténine soient des albuminoïdes à composition fixe ? Les théories sur les colloïdes, l'étude plus approfondie des albuminoïdes par synthèse et par hydrolyse peuvent permettre d'en douter.

Feyte (61) a étudié en détail le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$, mais il utilise de l'alcool à 60° pour la séparation des deux éléments. Il arrive aux conclusions suivantes : dans un gluten, les substances non azotées sont très importantes. Pour une farine déterminée leur taux est assez constant; il en résulte que leur union aux protides doit être intime et que leur rôle dans les propriétés physico chimiques des glutens et des pâtes peut être plus important qu'il n'est généralement admis. Pour cet auteur, le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ fournit une classification des blés non parallèle à l'échelle extensimétrique.

c) **Protéines solubles et matières hydrosolubles.** — Lioubitch (30) déclare que plus les éléments hydrosolubles sont élevés et moins le pain obtenu est bon.

Pour Blish (54), l'azote soluble de la farine serait à la base des différences boulangères. Rousseau et Sirot (40) fixent même le rapport $\frac{\text{azote soluble}}{\text{azote total}}$ comme devant atteindre 17,4 à 19,1 % pour une bonne farine. Plus les glucides seraient élevés dans les farines, meilleures seraient leur qualité boulangère, dit A. de Cugnac (7).

Loeb (227) attache une grosse importance aux glucides préexistants ou acquis par autolyse dans la fermentation panaire. Un taux trop faible en glucides peut ralentir et même compromettre l'activité de la levure. D'autre part, un

pouvoir saccharigène excessif n'est pas souhaitable, car il est l'indice certain d'une grande activité protéolytique, nuisible à la tenue de la pâte.

Javillier et Djelatides (23) donnent une technique de dosage des matières plastiques des farines et son application éventuelle à l'estimation de la valeur boulangère des blés. Les auteurs épuisent par divers réactifs la farine dégraissée. L'extraction par une solution de chlorure de sodium à 10 % donne une teneur en azote N_1. Une extraction par l'alcool à 70° donne N_2, enfin l'alcool potassique donne N_3. Les auteurs ont constaté que lorsque le rapport $\frac{N_2}{N_3}$ est de 3 à 4, les farines sont toujours de mauvaise qualité; entre 1 et 2, elles se panifient bien.

R. Geoffroy et G. Labour (82) étudiant des farines par cette méthode ne trouvent pas de corrélation entre les valeurs qu'ils ont obtenues et la qualité des farines. Par contre, il apparait que des blés de qualités différentes ont des quantités sensiblement égales de protéines solubles dans l'alcool. Le rapport $\frac{\text{N total}}{\text{N soluble}}$ dépend uniquement des quantités totales d'azote de la farine. Par ailleurs, ces rapports restent inchangés pendant la fermentation panaire, ce qui montre la stabilité des protéines du blé.

d) **Matières grasses.** — D'après Kling, Froidevaux et Dubois (107), les matières grasses diminuent le W donné par l'extensimètre Chopin, agissant sur la plasticité des pâtes par action sur le pouvoir d'imbibition de la farine.

e) **Minéralisation.** — Les travaux (101) de Sharp, Fortner, Louis Croc, Sullivan. Rousseau, White, Clark, Olson, Maughain, Harden, Bertrand, Javillier sur l'action de la minéralisation du blé notamment celle du magnésium, du phosphore total, du phosphore organique, du rapport $\frac{\text{phosphore}}{\text{soufre}}$, accordent généralement une influence de ces éléments sur la valeur boulangère.

f) **Acidité et pH.** — La mesure du pH des pâtes ou du gluten a été envisagée par quelques auteurs. En particulier les études de Burgenberg-de Jong (57) sur le gluten et ses deux constituants gliadine et gluténine précisent la notion de l'importance du pH. Cet auteur admet que la gliadine est un colloïde chargé positivement, la gluténine un autre colloïde chargé négativement. Si, donc, on fait varier le pH, on obtient des modifications dans les qualités du gluten. Fleurent, dans son dernier travail (209), montre l'action importante exercée par l'acidité sur les propriétés du gluten. Il considére que deux choses influent sur la valeur boulangère : le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ et le pH de la pâte. Pour lui, les acides organiques jouent un rôle beaucoup plus marqué et défavorable que les acides minéraux.

Potel (119) est d'un avis contraire et écrit « quant à l'acidité développée soit par un apport d'acide, soit par fermentation, elle s'est montrée sans influence appréciable jusqu'à un pH assez bas ».

Fischer et Halton (103) n'accordent au pH qu'une influence minimum sur la panification, car la pâte est tamponnée. Les changements observés résulteraient d'autres causes : transformations chimiques et colloïdales plutôt que production de petite quantité d'acide. Leurs conclusions vont à l'encontre de celles de Jessen et Hansen (103) qui ont trouvé qu'une acidité caractérisée par un pH = 5 constituait un optimum pour la production d'une pâte de meilleure qualité.

g) **Propriétés oxydoréductrices des farines.** — Feyte (61) a remarqué que les farines, les pâtes, le gluten et ses solutions sont sensibles à l'action de certains oxydants, réducteurs, antioxydants et précipitants des protéines. Il existe, dit-il, dans le gluten une substance non isolée, insensible au chloroforme, sensible à des traces de sulfite de soude, sulfhydrate de sodium, cyanure de potassium, et qui confère au gluten ses propriétés mécaniques: la cystéine et la cystine peuvent jouer un rôle dans ces relations.

Potel (35) étudie par la méthode Schardinger (détermination de la quantité de nitrite formée par la réduction de nitrate sous l'influence de corps réducteurs) le pouvoir réducteur des blés et farines. Plus ce pouvoir est élevé, plus la farine présente de mauvaises qualités boulangères. Le potentiel d'oxydo-réduction constituerait un des facteurs importants de la qualité. Le même auteur a mis au point une méthode pour évaluer par variation de potentiel, l'état d'oxydo-réduction des pâtes. Il mesure ainsi le rH qui, pour les farines de blés, oscille entre 15 et 16,4. Il trouve que l'addition de corps oxydants en faible quantité augmente la ténacité des pâtes, les agents réducteurs agissant en sens inverse. Dans ce processus, les matières grasses du blé paraissent sans action, le germe et le taux d'extraction, par contre, ont une grande importance.

II. — MÉTHODES PHYSICOCHIMIQUES

Ces méthodes comportent l'étude du pH, de l'hydratation, du gonflement, de l'étirement, de la viscosité, du gluten et des pâtes.

a) **pH et rH.** — Nous avons examiné ces déterminations dans les méthodes chimiques. Ces procédés d'évaluation des propriétés des farines se classent, en effet, soit dans les méthodes chimiques, soit dans les méthodes physicochimiques suivant qu'on utilise la technique colorimétrique, ou la technique électrométrique.

b) **Coefficient d'hydratation.** — L'étude du coefficient d'hydratation par mesure du gluten humide puis du gluten sec est due à Arpin. Elle est depuis longtemps devenue classique; cependant les mêmes raisons qui faisaient critiquer l'évaluation du gluten comme coefficient d'appréciation de la valeur boulangère sont applicables au coefficient d'hydratation.

Swanson (101) a proposé un mode de mesure de la valeur d'une farine par l'évaluation de la quantité d'eau susceptible d'être retenue par cette farine après centrifugation.

D'après Potel (101) qui a mis au point une technique utilisant le même principe, les farines qui ont le plus faible W à l'extensimètre seraient celles qui retiendraient le moins d'eau.

c) **Pouvoir de gonflement du gluten.** — Le gonflement du gluten dans certains liquides comme l'acide lactique $\frac{N}{50}$ est déterminé par une mesure d'augmentation de volume dans la méthode utilisée par Berliner et Koopmann (101). Potel perfectionne leur méthode en utilisant le gluten séché sous vide. Cependant il ne croit pas que ce procédé soit bien avantageux.

d) **Pouvoir d'étirement du gluten.** — Kranz (26) étudie comme facteur d'évaluation de la valeur boulangère, la façon dont s'étire une boulette de gluten de 2 grammes suspendue dans une solution saline à 2 %, à une température de 25° et à laquelle on a suspendu un poids de 4 grammes.

e) **Viscosité.** — Luer et Ostwald (101), Sharp et Fortner (101) ont étudié la viscosité de suspension des farines dans des solutions d'acide lactique. Les résultats n'ont pas permis d'espérer que cette détermination puisse définir les propriétés des farines.

III. — MÉTHODES MÉCANIQUES

Les méthodes chimiques et physicochimiques s'étant avérées insuffisantes, ou trop délicates pour un emploi pratique, on a cherché à se faire une idée de la valeur des farines par des essais mécaniques. On se place dans des conditions les plus rapprochées possibles de celles de la boulangerie. Ces méthodes mécaniques sont basées sur la mesure de l'extensibilité de la pâte. L'extensimètre Chopin, l'alphitographe, le comparator Buhler, le pneumodynamomètre de Boraggio et Reje, l'ergomètre de zambelli, sont basés sur le même principe : faire travailler une pâte et mesurer le travail nécessaire pour étirer jusqu'à rupture une unité de cette pâte.

1. **L'extensimètre Chopin.** — L'appareil le plus employé en France, celui que nous avons utilisé pour nos propres essais, est l'extensimètre Chopin (133). Cet appareil est incontestablement celui qui donne les renseignements les meilleurs. Nous n'en retiendrons comme preuve que l'utilisation généralisée que l'on en fait. Presque tous les Grands Moulins l'emploient. La vente des blés d'Algérie et des blés d'importation se fait souvent au W. Dans tous les laboratoires de contrôle des blés, dans tous les centres de recherches, il est couramment utilisé soit pour le classement des blés, soit pour l'appréciation des nouvelles espèces introduites par les génétistes. La station de botanique appliquée de Toulouse a, à elle seule, étudié avec cet appareil près de 1.500 races de blés français, surtout du Sud-Ouest et fait des essais parallèles de panification. La concordance s'est montrée tellement remarquable entre les deux séries d'essais, que M. le Professeur Nicolas décida d'abandonner ses lignées d'hybrides donnant un W insuffisant, quelques-unes malgré une valeur culturale tout à fait intéressante.

La généralisation de l'emploi de l'extensimètre a permis d'en relever les imperfections, de retoucher la technique d'emploi et de spécifier exactement son rôle.

Potel (101) présente les observations suivantes :

a) On ne réalise pas exactement les conditions réelles de la panification : la détermination se fait sur des pâtes sans levure ni levain; que devient alors le rôle de l'acidité développée par la fermentation panaire ?

b) Le travail du gaz à travers la pâte se fait à la température ordinaire; il est très différent de ce qui se passe à l'enfournement.

c) Il signale, de plus, des variations importantes dans les résultats, variations rares, mais se produisant brusquement, sans raison apparente.

d) Enfin, il étudie l'action du sel dont l'introduction dans l'eau de pétrissage augmente le résultat proportionnellement à la quantité de sel ajoutée.

Cependant Potel conclut : « L'extensimètre classe grossièrement les blés par leur W et l'allure générale de leur courbe; il constitue un sérieux progrès sur les méthodes précédentes. Il est donc de première utilité, car il permet un choix convenable des échantillons à étudier; il permet en outre d'apprécier les éléments capables d'influencer une pâte, tout en donnant une idée de l'importance de cette action. »

En 1935, Nottin et Daron (140) présentèrent une note sur l'extensimètre Chopin. Ils montrèrent qu'il faut tenir compte de l'humidité de la farine dans la quantité d'eau à ajouter pour l'obtention d'une pâte présentant la même humidité pour toutes les déterminations. On tient compte actuellement de cette observation logique.

2. **Appareils mesurant l'énergie nécessaire au pétrissage des pâtes.** — On a construit d'autres appareils basés sur la mesure de l'énergie nécessaire au pétrissage des pâtes. Citons la méthode Brabender qui mesure au moyen d'un électrodynanomètre le travail de la pâte au cours du pétrissage. Cet appareil permet d'obtenir des graphiques intéressants dont on peut déduire un certain nombre de facteurs des qualités des pâtes : durée de développement, stabilité, élasticité, degré de ramollissement.

Potel a mis au point un pétrin dynamométrique qui, outre les données du procédé Brabender permet, en plus, de mesurer la capacité d'absorption d'eau. Un autre modèle a été réalisé par Dangoumeau (134).

IV. — MÉTHODES D'ÉVALUATION PAR DES ESSAIS DE PANIFICATION

L'appréciation de la valeur boulangère par l'obtention de pain est évidemment la plus rationnelle. Cependant il ne faudrait pas croire qu'elle ne présente aucun inconvénient. En réalité, son utilisation présente de grosses difficultés que nous aurons l'occasion de signaler au cours de ce travail. De nombreux auteurs, toutefois, la considèrent comme la seule intéressante.

Ougrimoff (228) fait l'historique des méthodes d'évaluation de la valeur boulangère par les procédés de fermentation genre Pelsenke et constate le désaccord entre les essais de panification et les déterminations physiques et chimiques. Il conclut que, seule l'étude approfondie de la panification, pourra conduire à un résultat. Il est en contradiction à ce sujet avec Samsonov (121) qui trouve une corrélation assez étroite entre l'essai Pelsenke et les résultats de panification. Par contre, ce même auteur ne trouve pas de parallélisme entre ces derniers, la capacité d'absorption d'eau et l'aspect plus ou moins vitreux des grains.

Lishkévitch et Klyachina (71) ne trouvent aucune corrélation entre les déterminations chimiques et les résultats de panification.

Blish et Standstedt (53) émettent l'opinion que, pratiquement, la teneur en protéines et la force de la farine sont seule et même chose. Par suite, la recherche des protéines est très importante. Ces auteurs semblent admettre qu'en fait, par correction des farines, on doit arriver à l'obtention d'un pain toujours normal.

Jean Courbe (148) conclut qu'à partir de toute farine normale non déséquilibrée, sous réserve d'une panification accomplie dans des conditions de température et de temps variables, on doit obtenir un pain normalement développé.

Fleurent (105) considère que, pour une bonne farine extraite à 70 % et à 13 % d'humidité, la teneur optimum en gluten est de 9 à 9,5 %. Il pense que l'appréciation complète des blés ne peut se faire qu'après fermentation, à cause des variations d'acidité qui influent sur les propriétés des pâtes.

Shibaev (123) considère les essais de panification comme le meilleur moyen de déterminer la valeur boulangère. Il standardise la méthode de panification, mais cherche à obtenir uniquement des pâtes de même contexture sans imposer une quantité d'eau et un pourcentage de levure fixes.

Matweef (217) note que l'essai de panification est la meilleure méthode d'appréciation des farines, et a mis au point une tech-

nique où sont cotées : l'absorption d'eau, la souplesse de la pâte, la facilité de façonnage, le volume du pain, le rendement, la forme du pain, la texture de la mie et de la croûte, la couleur, l'odeur, la saveur.

Boldescu (206) indique une méthode particulièrement bien étudiée permettant de traduire par des chiffres le coefficient de panification des farines. Nous reviendrons d'ailleurs en détail sur ce procédé dont nous avons fait usage dans nos classements.

V. — CORRÉLATIONS ENTRE LES DIVERS PROCÉDÉS D'ÉVALUATION DE LA VALEUR BOULANGÈRE

Tous les auteurs ne sont pas d'accord sur la concordance entre les déterminations extensimétriques et la valeur boulangère des blés. Alabouvette (93) compare la note extensimétrique à une note de pétrissage. La note à l'extensimètre ne coïncide pas avec la note d'appréciation du pain telle qu'elle est pratiquée par le Laboratoire de l'École de Meunerie.

Loeb (93) a montré, par contre, qu'en utilisant une méthode de panification simplifiée exigeant le maximum de qualité de la farine et en adoptant un mode d'appréciation du pain par évaluation du seul rapport $\frac{\text{diamètre}}{\text{hauteur}}$, on obtient une bonne concordance entre les résultats extensimétriques et ceux de la panification.

Mais, dit Alabouvette, puisqu'en définitive la meunerie et la boulangerie, acheteurs des produits culturaux, semblent s'intéresser beaucoup plus à la tenue des pâtes et au rendement en pain qu'à la qualité de celui-ci, on doit admettre que l'extensimètre Chopin rend mieux compte de ces aptitudes que l'essai de panification. Se référant aux données de M. Chopin, il conclut que 30,77 % seulement des blés français seraient de valeur boulangère suffisante. Toutefois, déclare l'auteur, on ne doit donner une valeur extensimétrique à une variété de blé qu'après en avoir étudié un grand nombre d'échantillons de provenances très diverses.

Henri d'André (229) écrit : « Si on admet que la qualité du pain obtenu avec une variété déterminée de blé est le facteur dominant dans l'expression de la valeur boulangère, on est tout naturellement conduit à donner aux chiffres qui expriment cette qualité : développement du pain, blancheur, texture de la mie, score du pain en général, une importance beaucoup plus grande qu'aux aptitudes et aux qualités des pâtes. La pratique des essais de panification démontre en outre clairement que, si les propriétés mécaniques des pâtes sont en étroites relations avec la teneur en gluten des farines, l'importance de cette dernière et même la tenue des pâtes ne sont nullement des indications de la qualité du pain que l'on obtiendra.

Pour Bormans (230), il apparaît nettement que tandis, que les écarts entre les W sont énormes, ceux entre les notes d'appréciation de la pâte sont très faibles. Il ne faudrait pas que les bonnes variétés françaises soient classées comme médiocres par la minoterie, sous prétexte qu'elles n'atteignent pas des W élevés. Retenons également, dit-il, que les coefficients et les notes varient d'une année à l'autre, car, sous l'influence des conditions atmosphériques, la maturation est différente d'une année à l'autre.

G. Noachovitch (231) fait une critique du mot « valeur boulangère ». « A l'origine, dit-il, il ne s'agissait pour les meuniers que de définir les proportions de farines correctrices à ajouter aux farines courantes pour obtenir une farine de force déterminée. Pour cela il leur fallait évidemment connaître la force de ces farines. Par suite d'un ensemble de circonstances regrettables, ce criterium très spécial adopté par les meuniers a été imposé aux sélectionneurs, généticiens, aux cultivateurs eux-mêmes. L'expression « valeur boulangère » est devenue synonyme de qualité tout court, comme si la qualité d'un blé était une chose assez simple pour se condenser en une propriété mécanique. Les techniques physico-biologiques continuent à rendre des services certains, mais dans certains cas déterminés, comme par exemple la vente des blés tunisiens, utilisés comme blés de force dans un but de correction. Si nous en revenons aux exigences des consommateurs du pain, se refèrent-elles unique-

ment ou principalement aux propriétés mécaniques des pâtes de farine ? Certainement non. En fait, il y a autant de types de qualités que de points de vue, que de régions consommatrices. La définition de la qualité n'est pas la même suivant qu'on l'envisage en hygiéniste ou en gourmet. Il faut se préoccuper de définir ce qui, pour chacun, sera admis en tant que seuil au-dessous duquel le produit ne sera plus considéré comme de qualité loyale et marchande. Le généticiste se préoccupera alors de voir dans quelle mesure chacune des qualités requises constitue un caractère au sens génétique de ce terme. Il nous semble qu'incertitudes, malentendus seraient évités si, nous conformant à la saine méthode cartésienne, c'est-à-dire décomposant le problème à résoudre en autant de problèmes élémentaires qu'une analyse rationnelle permet d'y découvrir, nous nous attaquions séparément à chacune de ces difficultés. »

L'auteur fait ensuite l'examen des différentes qualités que l'on peut demander à un blé suivant le point de vue envisagé.

Les indices physicochimiques (P. G. W de l'extensimètre), les méthodes Pelsenke ou Engelke, le farinographe, le fermentographe de Brabender, étudieront les défauts d'un lot donné de blé, la nature du conditionnement à lui appliquer et enfin détermineront les propriétés des lots de blé à mélanger en vue d'une farine type.

La dégustation du pain sera pratiquée après mouture et panification par des techniciens qualifiés, conformément aux exigences de la région consommatrice au point de vue goût, conservation, sapidité, odeur, aspect extérieur et de la mie. La détermination des sucres fermentescibles, de la qualité du gluten, du pouvoir diastasique pourront également servir à l'estimation de la valeur organoleptique du blé dont la farine provient.

La valeur nutritive sera déterminée par l'évaluation des teneurs du grain en principes immédiats : glucides, protides, lipides, phytine, matières minérales, sucres fermentescibles, équilibre entre les différentes protéines, coefficient de digestibilité du pain fabriqué. On déterminera également dans quelle mesure

il pourra contribuer à assurer l'alimentation des diverses catégories de consommateurs, compte tenu de l'âge, de l'état de santé, des professions.

La valeur hygiénique et diététique étudierait dans quelle mesure un blé destiné à la fabrication du pain est dépourvu de tout effet nuisible sur l'organisme, et s'il peut convenir à l'obtention de pain de régime. Sachant à quel point le goût et les habitudes des consommateurs diffèrent, on ne saurait apporter assez de soin à la délimitation des régions correspondant chacune à un ensemble d'exigences données. On permettrait ainsi l'organisation d'études régionales de la qualité des blés, dans ses relations avec les propriétés du pain, comme on le fait dans certains pays pour la valeur culinaire des pommes de terre, par exemple.

La valeur agricole évaluerait enfin le degré de rusticité, l'exigence en matières fertilisantes, la résistance aux maladies, à la verse, à l'échaudage, à la sécheresse, au froid, le degré de précocité, le laps de temps plus ou moins grand qui sépare la maturité physiologique du grain de sa maturité commerciale, enfin sa valeur meunière déterminée par son rendement en farine ou plus exactement par la proportion d'amande de son grain.

F. Bœuf (232) émet l'opinion que, par l'adaptation de la technique de la panification aux propriétés plastiques des pâtes, il est possible de faire du pain acceptable avec la farine provenant de n'importe quel blé sain. La « notion de force » correspond aux propriétés plastiques de la pâte, elle ne doit pas être confondue avec la valeur boulangère qui, elle, dépend de nombreux facteurs. La force d'un blé ne peut pas servir de mesure à la valeur boulangère de ce blé. Celle-ci ne saurait être comparée au degré alcoolique d'un vin ou à la richesse saccharine d'une betterave. Il y a obligation pour l'agriculteur de cultiver des blés réunissant des caractères de force et de productivité. Ce serait une lourde faute de sacrifier le rendement à la qualité force. Il faut que la production du blé suffisante en quantité, se suffise à elle-même en qualité, afin que les importations n'aient de raison d'être qu'en années déficitaires, et qu'en années excédentaires nos blés puissent être appréciés sur le marché européen.

Schribaux (233) résume le problème de la valeur boulangère des blés en demandant qu'en confrontant les résultats des différentes méthodes d'appréciation, on arrive à une méthode d'analyse sûre et rapide qui changerait du jour au lendemain les conditions d'achat des blés. Regardant tout le chemin qu'il reste à faire pour combler les nombreux vides laissés par nos connaissances actuelles sur ce grave problème, l'auteur est persuadé qu'il ne faudrait pas longtemps — en conjuguant leurs efforts — à des chimistes, microbiologistes et médecins avertis, pour le résoudre et dissiper l'obscurité qui l'enveloppe encore. Il préconise des essais semi-industriels de panification, peut-être coûteux, mais qui permettraient l'obtention d'une quantité de pain suffisante pour pouvoir être soumise à l'appréciation des consommateurs.

En résumé, les auteurs sont loin d'être d'accord sur la valeur des méthodes proposées. Cependant la détermination des propriétés plastiques des pâtes et les essais de panification sont indiscutablement les méthodes agréées par la plupart des techniciens. Nous les avons donc utilisées en tenant compte des critiques qui se sont avérées judicieuses.

C. — CAUSES INFLUENÇANT LA VALEUR BOULANGÈRE DES BLÉS

De très nombreux travaux ont été effectués, depuis ces toutes dernières années, en vue de rechercher si les conditions extérieures n'exercent pas une influence sur la qualité des blés. Les perturbations atmosphériques mises à part, les principaux facteurs qui peuvent agir sur la valeur boulangère des blés sont : la race, le climat, les engrais.

Dans nos essais, nous avons borné nos efforts à l'étude de l'action des différents sols, des principaux engrais et, dans une mesure restreinte, nous avons tenu compte aussi du climat. Nous donnerons un bref résumé des principaux travaux effectués

jusqu'ici en nous attachant à citer seulement ceux qui intéressent directement nos recherches et peuvent nous permettre de tirer des conclusions personnelles.

I. — INFLUENCE DE LA RACE

L'influence de la variété n'est pas sans intérêt. Alabouvette (93) constate que les variétés anciennes (1890 à 1914) existent encore, mais les déterminations extensimétriques faites sur ces blés ne montrent pas qu'ils sont supérieurs à ceux qui les ont remplacés. Les blés étrangers se divisent en blés de force (Russie, Hongrie, Roumanie, États-Unis, Argentine, Maroc, Tunisie) et en blés de l'Europe occidentale (Allemagne, Hollande). Ces derniers sont des variétés à grand rendement, mais ne sont pas supérieurs à nos blés, ils ne peuvent donc pas être utilisés comme producteurs directs. Les blés de force sont à très faibles rendements et, en général, sensibles aux maladies et au froid. La solution, pour l'amélioration de nos blés, semble donc devoir être recherchée vers l'hybridation en vue de créer des espèces nouvelles, ajoutant à un bon rendement, de sérieuses qualités boulangères. Un tel but est du domaine de la génétique. Alabouvette croit « que la valeur boulangère n'est pas transmise comme un caractère simple; un blé de force et un blé faible donnent un intermédiaire. Lorsqu'on croise des blés de force, une partie des descendants est de qualité nettement inférieure aux parents. En France, la transmission de la qualité *bon gluten* n'a pas été étudiée de façon systématique. Cependant on peut vérifier cette opinion qu'un blé précoce est de meilleure qualité qu'un blé tardif. De plus, si on veut créer des blés français de bonne qualité, il faut utiliser au moins un géniteur de très bonne qualité. »

Rosenstiel (153) considère que les blés actuels sont des mélanges de lignées au point de vue qualité du gluten.

G. Molle (234) admet que « bien qu'il n'y ait aucune relation entre le rendement et la valeur boulangère, on peut dire que l'un comme l'autre sont des caractères de race, influençables par le

milieu. C'est ainsi que, pour une même variété, avec des grains d'apparence normale, il n'est pas rare de voir, suivant l'origine, le W passer du simple au triple avec des rendements variant dans des proportions moins fortes. »

Examinons l'opinion de quelques auteurs quant à l'influence exercée par la variété sur la valeur boulangère.

D'après Henry d'André (229), si le climat et la nature du sol sont, par leur influence, les facteurs prédominants pour déterminer le type de semence de meilleure adaptation dans une zone déterminée, la race ou variété sera le facteur déterminant des aptitudes industrielles du blé récolté. La plus ou moins grande teneur en gluten qu'aura développé dans un blé l'influence combinée du sol et du climat ne se traduira par une haute valeur boulangère que dans le cas où la variété originaire aura démontré, par des cultures préalables, qu'elle est douée elle-même de cette aptitude. Il est donc de la plus haute importance, aussi bien pour l'agriculteur que pour l'acheteur-meunier, de considérer le facteur variété pour pouvoir juger de la valeur boulangère du blé à semer ou à moudre. C'est seulement la variété qui détermine les aptitudes essentielles du blé pour la panification et les qualités typiques du pain final, aptitude et qualités qui pourront être plus ou moins favorisées par les autres facteurs. Quelles que soient les variations qu'apportent à la valeur boulangère les autres facteurs, les expériences de panification ont nettement établi l'influence prépondérante du facteur variété, puisque les divers types de semences pures obtenues dans les fermes expérimentales des différentes zones se classent presque toujours dans le même ordre d'importance que leur valeur boulangère. L'influence de la variété a été également amplement démontrée par le succès obtenu dans les croisements par des géniteurs donnant naissance à de nouvelles variétés supérieures, dans le même terrain, aux variétés utilisées pour les croisements.

Pour Bœuf (232) la « force » d'un blé est un caractère héréditaire, de valeur particulière pour chaque variété ou lignée pure (génotype). Il faut donc cultiver des lignées pures et non des mélanges. En réunissant tous les résultats obtenus à l'exten-

simètre, il a été possible d'établir un classement provisoire des blés, d'après leur W moyen. Ce classement n'a qu'une valeur indicative ; cependant, il fait ressortir nettement la nature héréditaire du caractère « force ». De grandes différences séparent sous ce rapport les variétés actuellement cultivées ou encore à l'essai. La possibilité d'augmenter la qualité de la récolte française de blé, par la culture de variétés à W suffisamment élevé, résulte également de l'examen du classement obtenu. Enfin celui-ci ne montre aucune corrélation entre les facteurs de la valeur culturale et ceux de la valeur industrielle ; par conséquent, il admet la possibilité de réunir sur une même variété une productivité élevée et un fort W.

Alabouvette conclut que la variété est un facteur important de la qualité, mais que les conditions météréologiques jouent également un rôle important. Schnelle et Heiser (154) constatent qu'une bonne qualité de blé est restée bonne même si elle a été produite dans de mauvaises conditions, tandis qu'une mauvaise variété, même cultivée dans des conditions très favorables, a toujours donné un pain défectueux. Lishkewitch et Khyatchina (151) sont d'un avis contraire. Sur 11 variétés de blé, ils ne trouvent pas de corrélation entre le volume du pain et la protéine totale de la farine, entre la qualité et les protéines séparées (gliadine, gluténine, protéines solubles) ; les protéines ont varié de 10,26 à 19,38. Les différences variétales sont faibles par rapport aux fluctuations dues au milieu. L'écart des protéines, pour une même variété en milieux différents, va de 4,97 à 8,67 % tandis que l'écart entre les variétés en un même milieu oscille entre 1,77 et 3,87 %. Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ semble être une grandeur caractéristique de groupes de variétés et de variétés séparées quelle que soit la quantité de protéine totale.

Shut et Hamilton (145) émettent l'avis que les caractères héréditaires, bien qu'agissant sur la qualité du gluten, ne sont certainement pas un facteur dominant quant à la teneur en gluten du grain.

Vettel et Pelsenke (237) répondent par l'affirmative à la question de savoir si on peut sélectionner des blés de qualité et à grand rendement. Ce dernier auteur (235) affirme en outre, que les expériences des quinze dernières années ont prouvé que la qualité de cuisson des céréales est grandement influencée par les qualités héréditaires de la semence. Potel (236) conclut que les facteurs de qualité des blés sont indépendants de ceux de quantité et que deux facteurs influent sur la qualité des blés : la nature de la variété et d'autre part les conditions du milieu.

II. — INFLUENCE DU SOL

Joret et Malterre (182) ont étudié l'influence du pH du sol sur le rendement. Beaucoup d'auteurs, disent-ils, situent la zone optima dans de larges limites (6,5 à 8). Quant à eux, sur sol de limon, ils trouvent qu'une réaction, même légèrement acide, (pH = 6,5 à 7) a, sur le rendement en blé, un effet nettement dépressif surtout en année sèche. L'effet est encore plus marqué en l'absence d'engrais azotés; l'apport d'azote ammoniacal l'a atténué sensiblement et celui d'azote nitrique l'a supprimé. L'action dépressive résulte du ralentissement de la nitrification. Il faut donc recalcifier les sols de limons même légèrement acides; le pH le plus favorable est aux environs de pH = 7,2. Une réaction même légèrement acide diminue sensiblement le poids à l'hectolitre. Cet abaissement est vraisemblablement dû à une maturité moins avancée sur les parcelles à réaction acide.

Pour Henry d'André (229), l'importance de la nature du sol dans le degré d'adaptation des variétés et dans l'obtention d'exemplaires de haute valeur boulangère doit être considérée avec l'attention qu'elle mérite. Les terrains sableux, pauvres en humus ou en azote assimilable et également plus perméables, réduisent la teneur en gluten des blés. Un excès d'humidité du sol, un déséquilibre dans la proportion de potasse et d'azote, accentuent l'influence signalée quand le premier élément, la potasse, est en excès. Pour chaque sol, il existe presque toujours

une variété déterminée qui se révèle de meilleure adaptation et de plus grand rendement. Il en est de même pour la valeur boulangère.

Maume et Dulac (157) ont étudié en 1936 le rôle du milieu (climat et sol) dans l'absorption de l'azote, de l'acide phosphorique, de la potasse par des blés ayant atteint une époque physiologique donnée. Ils ont remarqué que la somme des quantités $N + P^2O^5 + K^2O$ varie, pour un même milieu, d'une espèce à l'autre et, d'un milieu à l'autre, pour une même variété. D'autre part, l'étude des engrais en rapports physiologiques montrent que le milieu commande la balance minérale ($N — P^2O^5 — K^2O$) dans la plante. Le chimisme dans la plante varie donc dans de larges limites suivant milieu et climat.

Miège (158), pour préciser le rôle du sol, cultive le même blé dans les mêmes conditions en caisses de végétation renfermant des terres du Maroc de 4 natures différentes. Les blés obtenus ont été examinés à l'extensimètre Chopin et soumis à l'analyse classique : les glutens ont varié de 6,8 à 18,8 %, et le W de 77 à 185 montrant qu'il existe une composition optimum du sol, de même qu'un rôle important joué par la fumure; l'engrais peut doubler et même tripler le W. En climat tempéré, conclut l'auteur, cette action est beaucoup moins marquée.

Dopter et Frémont (238), étudiant les effets produits sur les blés par les engrais azotés sous forme nitrique ou sous forme ammoniacale, trouvent de très grandes divergences suivant les milieux dans lesquels on les met. Ceci montre l'importance qu'il convient d'attribuer au pouvoir absorbant du sol vis-à-vis de l'azote ammoniacal. Partant des travaux de Miège, d'André, d'Erhart, d'Aloberg et Griffing, Potel conclut que la composition chimique des sols a moins d'importance que leur nature physique. Les sols perméables ne valent pas les argilo-siliceux ou les argilocalcaires.

Pour Alabouvette (93), les notes données aux blés par l'extensimètre sont beaucoup plus sous la dépendance du milieu que de la variété. Parfois, on voit le W passer du simple au double.

D'après le travail de nombreux auteurs, il accorde toutefois à la variété et aux caractères héréditaires une influence de 50 %; les conditions extérieures agissent pour l'autre moitié. Les teneurs en protéines et en gluten seraient par contre pour 3/4 fonction des conditions extérieures, le 1/4 restant serait la part de la variété, c'est-à-dire des caractères héréditaires. Il est important de remarquer que, pour la majorité des blés de France, l'influence du milieu peut être plus importante que celle de la variété, que certaines régions produisent des blés de qualité acceptable même avec des variétés mauvaises, et inversement que des variétés réputées, tel le Vilmorin 27, sont susceptibles de voir leur W descendre au-dessous de 75 dans des régions moins favorables.

Barbade, Pisani-Borg et Duval (95) assimilent enfin l'action du sol à celle qu'il exerce sur la vigne pour déterminer le « cru ». Le cru du blé devient sa valeur boulangère.

La nature physique du sol, dit Potel, et notamment sa perméabilité exerce une action sur les propriétés des blés. Les sols compacts sont en général moins favorables que ceux à structure grossière.

III. — INFLUENCE DES ENGRAIS

1. Rôle de la fumure azotée.

G. Joret et Malterre (182) considèrent que, dans les limons fertiles du Santerre, l'azote est le pivot de la fumure. Pour le blé, il faut 60 kgs. La fumure azotée doit être équilibrée par une fumure phosphopotassique. Les apports N : P^2O^5 : K^2O sont en moyenne, pour blé, après betteraves 1 : 1,0 : 1,4. Les rendements sont fortement influencés par les engrais azotés, et cette influence est fonction de l'humidité des mois d'hiver et des mois de mai et juin. Les engrais azotés demeurent sans action sensible sur le poids de l'hectolitre des blés et avoines. Les taux d'azote dans les grains de blé sont parfois nettement augmentés par la fumure azotée. Cet enrichissement correspond à une augmentation de la qualité pour les blés.

La carence en potasse, d'après B. Arenz (239), entrave davantage le développement des plantes alimentées au moyen de sels d'ammoniaque que celui des plantes recevant des nitrates. C'est l'inverse dans le cas d'une carence en acide phosphorique.

Dopter et Frémont (238), en terre argileuse du Nord ont remarqué que l'azote nitrique a été supérieur à l'azote ammoniacal. En terre sablonneuse, la forme ammoniacale, par contre, s'est révélée supérieure à la forme nitrique. Une diminution du pouvoir absorbant augmente l'utilisation de l'azote ammoniacal et diminue celle de l'azote nitrique.

MM. Lebrun et Radet (240), étudiant l'action de la fumure azotée sur l'avoine en terre calcaire (Champagne pouilleuse), voient le coefficient d'efficacité de l'azote s'élever pour les faibles doses. Il devient beaucoup plus faible quand les doses croissent, exception faite pour le nitrate de soude. La forme ammoniacale s'est montrée nettement inférieure à la forme nitrique.

Depardon (241), dans des cultures de « Bon Fermal » en sol argileux, a trouvé que la forme nitrique s'est traduite par une augmentation de rendement nettement plus élevée qu'avec la forme ammoniacale. Le W qui était de 36,5 pour la farine des parcelles témoins a toujours été supérieur à ce nombre avec les farines ayant reçu de l'azote minéral (56 avec ammonitrate, 58 avec le nitrate de chaux). Il y a lieu de signaler que la même variété de blé cultivée dans un sol très comparable à tous égards avait donné, en 1934, des W sensiblement doubles de ceux de 1935. Cette constatation qui peut être étendue aux trois régions du Loir-et-Cher, Beauce-Perche, Sologne, est en relation très nette avec les conditions climatologiques de l'année quant au gluten sec; il a été quelque peu élevé du fait de l'apport d'N minéral.

Joret et Malterre (182), étudiant l'efficacité de l'azote, concluent que la sécheresse diminue notablement l'utilisation des engrais et, par suite, leur coefficient d'efficacité, c'est-à-dire l'excédent de grain en kilogrammes par kilogramme de l'élément fertilisant apporté. La période qui précède et celle qui accompagne l'épiage ont à ce point de vue une grande importance.

D'après ces auteurs, Burgevin et Guyon expliquent l'insuffisance de l'utilisation de l'azote par le fait que les nitrates se concentrent en surface, en année sèche, alors que les racines s'enfoncent à la recherche de l'humidité. En réalité, la diminution du coefficient d'efficacité de l'azote en année sèche est due moins à une inutilisation de cet élément qu'à une mauvaise utilisation par la plante dont la matière sèche s'enrichit en azote sans augmentation de rendement.

Les formes ammoniacales et nitriques se sont assez souvent montrées en pratique équivalentes, avec avantage de l'un ou de l'autre suivant les conditions climatiques secondaires. La forme exclusivement nitrique s'est montrée légèrement supérieure au point de vue rendement. L'association moitié azote nitrique, moitié azote ammoniacal se place toutefois au niveau de la forme nitrique seule.

Étudiant l'action de l'azote sur le poids spécifique, les mêmes auteurs trouvent que cet élément n'a marqué qu'une faible influence. Les doses d'azote inférieures à 60 kg. ont toujours été défavorables. Trois fois sur quatre, dans leurs expériences, l'azote nitrique mis au printemps a abaissé le poids spécifique comparativement à un apport fait à l'automne.

G. Molle (242), a cherché l'influence des engrais azotés sur le W des farines extraites. Pour 5 variétés, l'amélioration du W est nettement proportionnelle à la dose du sulfate d'ammoniaque ajouté; 2 variétés ont donné la plus forte amélioration pour une dose normale de sulfate d'ammoniaque. Dans un seul cas, l'apport d'azote ammoniacal n'a donné aucune augmentation du W. Des essais effectués avec nitrate de soude ont montré que le nitrate produit une augmentation de rendement et du W, quel que soit le mode d'épandage du nitrate. Cependant, par un épandage de nitrate en dose assez faible au moment de l'épiaison, le rendement n'a pas été sensiblement accru, mais le W se trouve fortement augmenté.

Davidson montre qu'un engrais minéral azoté appliqué en couverture augmente le pourcentage de matière azotée du blé. Cette augmentation est accompagnée d'une augmentation

partielle en soufre, ce qui indique que l'azote absorbé est engagé sous forme de protéines. Les essais de panification ne sont pas altérés par l'utilisation des engrais.

Pratolongo (244) croit à une action défavorable des engrais azotés mais incrimine plutôt l'imperfection des méthodes d'appréciations.

Miège, au Maroc, constate que les fumures azotées augmentent la valeur boulangère. C'est le nitrate qui se montre l'élément fertilisant le plus actif. L'action de la fumure se manifeste comme suit : *a*) par une diminution notable du poids spécifique, sauf pour la cyanamide et les nitrates; *b*) par un accroissement de la teneur en gluten qui varie d'ailleurs avec la valeur et les doses d'engrais employées; *c*) par une augmentation parfois considérable de la ténacité des pâtes (P) et une amélioration moins nette et moins régulière de l'élasticité (G). Tous les engrais diminuent généralement le poids spécifique du blé, mais améliorent la valeur boulangère; l'azote se montre le plus actif. La fumure massive azotée entraîne une diminution sensible du poids spécifique et un accroissement général des quantités et des qualités de gluten. Toutefois, cette action est peu avantageuse eu égard à la forte dose d'engrais employés.

2. Influence des engrais phosphatés.

D'après O. Loew (245), quand l'azote est en quantité trop grande vis-à-vis de l'acide phosphorique, il y a surabondance de la partie végétative. Même en présence de la magnésie, l'assimilation de l'acide phosphorique est diminuée par un excès de chaux. Si la chaux, la magnésie, l'acide phosphorique sont dans les rapports 5-5-1, aucun épi ne se développe. Dans les scories, la chaux et l'acide phosphorique sont dans un rapport favorable 3 : 1.

Burgevin et G. Guyon (243) ont étudié l'action fertilisante des divers phosphates. Le phosphate monocalcique, en terre calcaire et même en terre acide, se classe au rang des meilleurs

produits essayés. Le métaphosphate de calcium cristallisé est d'action nulle car il est presque totalement insoluble. Le métaphosphate fondu, légèrement soluble, est efficace dès la première année en terre alcaline et son action se prolonge la deuxième année. Il ne donne pas d'action en terre acide, car il devient totalement insoluble. Le phosphate bicalcique hydraté, entièrement soluble dans le citrate d'ammoniaque, est un engrais qui dans toutes les conditions a la même valeur que le phosphate monocalcique. Anhydre en terre calcaire, il subit dans le sol une hydratation qui en fait un engrais inférieur au précédent en première année et même en deux années. En terre acide, il a presque la même valeur que le monocalcique, car l'acidité du sol catalyse son hydratation. Le phosphate tricalcique pur, l'apatite fluorée et l'hydroxyapatite sont inertes en terre calcaire. En terre acide, le phosphate tricalcique est très assimilable, alors que l'apatite n'a aucune efficacité.

MM. Lebrun et Radet, étudiant l'action de la fumure phosphatée sur l'orge en terre très calcaire, remarquent une prédominance marquée des parcelles ayant reçu des engrais phosphatés. On a un excédent de rendement plus marqué pour le grain que pour la paille. Le phosphate précipité minéral se classe en tête, à la dose de 120 kg. de P^2O^5 à l'hectare et donne un supplément de 6 quintaux 5 à l'hectare, comme grain. La forme superphosphate, à la dose de 60 kg. de P^2O^5 à l'hectare, se montre la forme la plus économique et la plus avantageuse.

En définitive, concluent ces auteurs, la plante doit trouver pendant toute son évolution et principalement dans la première moitié du stade végétatif un stock d'éléments fertilisants rapidement assimilables. Ce stock se trouve absorbé jusqu'à 75 % pour l'azote, 80 % pour la potasse et en totalité pour la chaux. La déficience en acide phosphorique active la demande en azote et parfois en potasse. L'acide phosphorique agit comme un élément régulateur de l'alimentation azotée et potassique, en contribuant à améliorer très nettement le rendement en grain et en paille. Le grain oppose une grande résistance à toute variation dans sa composition minérale en acide phosphorique et en potasse. La carence en acide phosphorique se manifeste dans le grain par

un enrichissement en azote. L'apport d'acide phosphorique provoque une régression de la teneur du grain en azote, en relation avec les doses d'acide phosphorique appliquées.

Dans la région du Sud-Ouest, d'après MM. Martin et Liwerant (246) en terre argilosiliceuse (boulbène), sur avoine, l'acide phosphorique a donné des excédents appréciables de récolte, bien que les conditions de culture aient été défavorables. Une dose de 48 kg. de cet élément a été insuffisante dans ces terres très pauvres en acide phosphorique et à pouvoir absorbant élevé. Avec 72 kg., l'excédent de récolte a été fortement accru. L'acide phosphorique n'a pas influencé le rapport $\frac{\text{récolte totale}}{\text{grain}}$.

En terre de limon, dans le Nord, MM. Joret et Malterre trouvent que le superphosphate, le bicalcique, le basiphosphate ont donné des résultats pratiques identiques, sauf dans un cas où le basiphosphate a été supérieur. Dans cet essai, le sol de limon était légèrement décalcifié. Le phosphate d'ammoniaque, dans un sol bien fourni en acide phosphorique assimilable, a eu un effet sensiblement dépressif.

Dans les sols de limons très pauvres en acide phosphorique, un apport de 75 kg. de P^2O^5 est nécessaire pour le blé. Les sols à la limite supérieure doivent en recevoir encore 40 kg. Dans les limons contenant de 10 à 15 % de calcaire, il faut, même dans les sols riches en acide phosphorique, faire un apport supplémentaire. Par contre, quand la dose d'acide phosphorique assimilable dépasse 0,45 %, on peut sans inconvénient réduire la fumure phosphatée.

Quant au poids spécifique du blé, il est en général peu augmenté par l'acide phosphorique et c'est le superphosphate qui semble le plus actif.

L'action de l'acide phosphorique, d'après Bormans (230), se manifeste par un abaissement du taux de gluten de la farine et du W, sans affecter l'élasticité et le poids spécifique.

3. Influence des engrais potassiques.

Pelsenke (235) conclut que la potasse exerce une action sur le poids des 1.000 grains, celui de l'hectolitre. Elle accroît la qualité de cuisson ou n'exerce pas d'action sur elle. Elle contrarie l'influence d'une haute teneur en azote, en ce sens que ce dernier produit bon effet quand il est accompagné par la potasse. Elle accroit la résistance aux maladies ou en préserve. L'excès de potasse montre une influence défavorable. Il n'y a pas de différence quand la potasse est mise au printemps ou à l'automne.

R. Chaminade (247), étudiant la rétrogadation du potassium dans les sols écrit : « La potasse, ajoutée au sol sous forme d'engrais minéral, est susceptible de rétrograder, c'est-à-dire de passer de l'état échangeable à l'état non échangeable. Le phénomène n'a pas lieu dans tous les sols; il est lié non pas à la teneur des sols en potasse échangeable rapportée au sol, mais à l'état de saturation en potasse du sol, c'est-à-dire à sa richesse en potasse rapportée à la capacité d'échange. Lorsque la teneur des sols en potasse tombe au-dessous d'une valeur qui, évaluée par rapport à la capacité d'échange, à pH 7, représente 4 % de celle-ci, le sol est sujet à la rétrogradation. Il convient de noter que la majorité de nos sols a une richesse en potasse inférieure au seuil de rétrogradation.

Dans les sols en place, la teneur en K échangeable est susceptible de varier du fait de la culture. Lorsque ces variations se produisent dans le voisinage du seuil de rétrogradation, elles peuvent amener l'apparition ou la disparition du phénomène.

La vitesse de rétrogradation de la potasse diminue lorsque la température s'abaisse et que l'humidité du sol devient élevée. Elle est plus grande dans les sols à pH élevé que pour les sols neutres et acides. La rétrogradation est, au point de vue agronomique, un phénomène désavantageux, car elle abaisse de façon importante l'efficacité des engrais potassiques. Elle permet d'expliquer pourquoi certains sols pauvres en potasse ne réagis-

sent qu'à de fortes doses d'engrais potassiques, les faibles doses étant fixées par le pouvoir de rétrogradation du sol. Elle est à rapprocher également de la faiblesse des coefficients d'utilisation des engrais potassiques. Les récoltes n'exportent qu'une faible proportion de la potasse apportée sous forme de sels solubles; la potasse restant dans le sol passe sous une forme difficilement utilisable par la plante. La rétrogradation n'est pas, comme les phénomènes d'échanges, instantanée. Son importance croît avec le temps. Un épandage tardif des engrais potassiques en diminue l'effet désavantageux. L'application répétée d'engrais potassiques peut, au bout d'un temps variable, élever suffisamment la richesse du sol en potasse pour provoquer la disparition du phénomène et permettre une meilleure utilisation des applications d'engrais potassiques.

Nicolas, Chalaud, Genieys (193) concluent de leurs essais que le chlorure de potassium exerce une action favorable à la fois sur la valeur boulangère exprimée en W (augmentation de 5 à 25 p) et sur le poids spécifique.

Bormans constate que la potasse, aux doses courantes, élève les indices extensimétriques. Turstschin (201) confirme que la potasse joue un rôle important dans le métabolisme de l'azote et des hydrates de carbone. Le manque de potasse entraîne l'assimilation de l'azote et accumule l'azote minéral non utilisé. Le manque de potasse a un effet néfaste dans le cas où l'azote est fourni sous forme de sulfate d'ammoniaque, car il y a intoxication du végétal. La synthèse des albuminoïdes à partir de combinaisons organiques azotées plus simples est entravée par le manque de potasse, surtout en présence d'un grand excès de calcium ou de sodium par rapport au potassium. Le manque de potasse et la saturation des tissus de la plante par le calcium ou le potassium provoquent une augmentation du taux de glucose.

Étudiant l'action de la fumure potassique du blé d'automne « Bon Fermal » en terrain argileux, Vincent (248) trouve que l'action de la potasse fut sensible sur la production du grain. Le W passe de 50 pour une faible dose de potasse à 59 pour une forte dose. Quant à la teneur en gluten, elle ne fut pas influencée.

Sur terre de limon, MM. Joret et Maleterre concluent de leurs essais qu'un sol a un besoin intense d'engrais potassiques quand il contient moins de 0,12 °/₀₀ de cet élément à l'état assimilable. Quand il en contient plus de 0,25 °/₀₀ il ne réagit plus à l'apport d'engrais. En année sèche, le sol ne réagit pas toujours aux sels de potasse, même quand il est au-dessous de 0,25 °/₀₀. En année favorable, un apport de 120 kg. de potasse donne un excédent de rendement de 11,8 %. Dans les sols arrivant à la limite supérieure, les engrais potassiques ont fait ressortir un effet dépressif sur les rendements aux doses dépassant 120 kg. On diminue cet effet dépressif par un apport d'azote; mais cette pratique n'est pas économique. Dans de tels sols, les fumures potassiques doivent être modérées et ne pas dépasser 50 kg. de potasse. Dans les sols les plus pauvres, 100 à 125 kg. doivent être envisagées. Un apport de 100 kg. de chlorure de potassium augmente le poids spécifique; les doses élevées ont été dépressives.

Mac Calla et Woodford (185), réduisant l'apport de potassium, se rendent compte de la décroissance du blé en azote; l'apport de calcium et de magnésium l'augmente considérablement. La croissance est retardée, mais le rapport du poids du grain à celui de la plante est augmenté. La déficience en potassium diminue le taux du gluten et réduit la valeur boulangère du blé; le sodium et le calcium ne peuvent suppléer la carence du potassium.

4. Influence des amendements calcaires.

Naftel (249), recherchant l'effet du chaulage des sols, étudie l'action du carbonate de chaux et d'un mélange de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie. La réaction du sol varie avec l'augmentation de l'apport des carbonates. Elle atteint pH = 8 pour la saturation. La décomposition du carbonate de chaux augmente proportionnellement à sa concentration. Une partie du calcium se présente sous forme non échangeable.

L'addition de calcium augmente largement la fraction de phosphore soluble. Inversement, le potassium échangeable diminue corrélativement à l'apport de carbonate de chaux. Le carbonate de magnésie n'a pas le même effet vis-à-vis de la potasse. L'action du magnésium est supérieure à celle du calcium. Cette différence d'action est plus grande dans les sols légers que dans les sols lourds. L'apport de calcium à pour effet de diminuer la teneur des plantes en Mg, K, P, Mn, Fer. Le Mg n'a pas cette action antagoniste.

5. Influence de la magnésie.

D'après A. Gehring (250), la supériorité des engrais magnésiens cesse lorsque le degré de saturation du sol en chaux est trop élevé. Au point de vue rendement, Dajmidi Delupis (251) accorde une influence favorable à une diminution du rapport Ca/Mg.

Popp, Contzen, Nieschlag (252) ne trouvent aucune relation entre la richesse du sol en magnésie et l'action fertilisante du magnésium. C'est dans les sols légers mal tamponnés que le besoin de magnésium est le plus marqué.

Vincent (248) constate une influence négligeable de la magnésie sur le rendement de la betterave et note une très légère amélioration du rendement sur le pois. Un sol contenant 0,2 à 0,3 °/₀₀ de magnésie dite assimilable ne réagit pas en général aux engrais magnésiens. La composition chimique des grains, des racines, des tubercules varie dans des limites très faibles. Les organes foliacés et les tiges s'enrichissent nettement. Dans la plupart des essais, la chaux et la magnésie se montrent complémentaires.

Mlle Garola (179) étudie l'action de la magnésie dans un sol argileux et constate un notable excédent de rendements sur avoine et sur blé. Les engrais magnésiens n'ont pas modifié sensiblement la teneur du grain en MgO, mais l'enrichissement de la plante en P^2O^5 persiste à la maturité. La substitution du

nitrate de Ca et de Mg au nitrate de calcium en présence de superphosphate a accru le rendement de 11 % ; celle du phosphate de chaux et de MgO au superphosphate l'a accru de 22 %, en présence de nitrate de Na et de 15 % en présence de nitrate de chaux. Avec des phosphates de CaO et de MgO, les trois formes de nitrates ont fourni des résultats équivalents.

L'action favorable de la magnésie paraît donc due au fait que la culture d'avoine envisagée a été soumise à une fumure déséquilibrée par excès de potasse.

6. Influence du Cl.

Sokolov (199) étudie la sensibilité des plantes au chlore et trouve que cette sensibilité dépend des propriétés du sol ; ainsi le sarrasin, peu sensible au chlore sur tchernozern, est sensible à un excès sur podzols. La raison de cette sensibilité doit être recherchée dans la facilité plus grande du chlore à pénétrer les sols comparativement à l'acide sulfurique. Le chaulage peut par conséquent n'être pas toujours utile en provoquant la sensibilité au chlore.

Nous reviendrons sur cette question du chlore dans un chapitre spécial consacré à l'étude de l'action du chlorure de calcium en agronomie.

7. Influence du soufre.

Boischot (253) compare l'action du soufre dit colloïdal et du soufre en fleur ordinaire, sur tomate et sur pomme de terre. La forme colloïdale donne de meilleurs résultats sur la tomate et, au contraire, le soufre en fleur produit meilleur effet sur la pomme de terre.

Brioux et Jouis (168), sur limon sableux, en culture en vase, constate une nette amélioration du rendement des poireaux par apport de sulfate de chaux. Vincent (248), étudiant l'action du plâtre sur les choux, constate que les accroissements de rendements sont presque proportionnels aux quantités de

plâtre et de potasse ajoutées. Le plâtre s'est montré un mobilisateur actif de la potasse des sols et l'auteur conclut que pour les cultures comportant une dose élevée de soufre, telle les crucifères, un apport de S est nécessaire. Cependant d'autres essais lui font déclarer que le sulfate d'ammoniaque est supérieur à ce point de vue au plâtre et que, par suite, l'apport classique de cet engrais convient aux cultures les plus exigeantes en S.

8. Action de la silice.

Lipmann (254) conclut de ses expériences sur l'importance de Si, Al, Cl pour les plantes supérieures, que rien ne prouve d'une façon absolue la nécessité de ces éléments.

W. Jessen et W. Lesch (255) constatent qu'un apport de silice colloïdale augmente le rendement dans tous les cas.

Reigengerg (256) accorde à la silice une action manifeste dans l'assimilabilité des phosphates dans les sols.

Trenel (160) trouve que l'addition de silice colloïdale contribue à améliorer l'aspect et la croissance des plantes cultivées sur sable pur; l'assimilation de l'acide phosphorique n'a pas été influencée par la présence de silice.

Achromeiko (160) conclut que la silice favorise l'absorption de l'acide phosphorique par la plante; mais son mode d'action est mal connu : les uns font agir la silice dans les plantes, les autres croient qu'elle favorise dans le sol la dissolution des phosphates peu solubles.

L'auteur a cherché à préciser ce mécanisme par des essais en vases. L'action positive de la silice (gel) sur l'absorption de l'acide phosphorique et sur le rendement s'est manifestée aussi bien dans le cas d'un phosphate soluble que dans celui d'un phosphate peu soluble, mais le résultat a été surtout marqué pour les petites doses d'acide phosphorique et pour le phosphate de fer très peu soluble. La silice a favorisé le transport de l'acide phosphorique des organes végétatifs aux organes reproducteurs.

Cependant l'auteur a montré que la silice n'agit pas en augmentant la vitesse de diffusion de l'acide phosphorique à travers les membranes, ni en augmentant considérablement la surface des racines. En définitive la silice augmente la solubilité des phosphates peu solubles et stimule dans la plante certaines fonctions vitales.

Dix et Ranterberg (177), sans nier une influence chimique de la silice sur la nutrition, croient qu'elle agit surtout par concentration d'eau et de substances nutritives au contact des racines.

9. Influence des engrais complets.

Pour Pelsenke (235), les engrais complets ont produit bon effet dans presque toutes les expériences. La meilleure qualité de blé s'obtient quand chaque élément est employé en vue du maximum de rendement.

Mlle J. Garola et Mlle R. Cadier (179), étudiant les différentes sortes de sols, concluent que les sols suffisamment argileux constituent d'excellentes terres à blé lorsqu'il reçoivent la fumure appropriée, les rendements peuvent atteindre 42 à 44 quintaux. Il faut pour cela 40 à 50 kg. d'azote à l'hectare après betterave. On recommande l'épandage de l'azote nitrique en deux lots, en janvier et en mars.

Dans les terres sableuses, il est inutile d'ajouter plus de 40 kg. d'azote, la constitution physique de ces sols limitant leur productivité.

Dans la plupart des cas, un apport de 60 kg. de P^2O^5 n'est pas excessif quand le blé suit une légumineuse; un apport de 80 à 90 kg. donne un accroissement de rendement de 25 %.

Les sols d'argile à silex sont moins dépourvus de potasse que d'acide phosphorique assimilable. Ces terres ont des réserves de potasse capables de répondre aux exigences du blé si on fait un apport de fumier et de 100 kg. de K^2O complémentaire. On

ne peut impunément supprimer durant plusieurs années l'apport de potasse. Il faut en faire des apports modérés, mais réguliers. Dans de tels sols, les rendements excédentaires sont obtenus après les hivers secs dont la température moyenne n'excède pas 3°. Les rendements déficitaires se produisent quand les pluies de l'hiver sont supérieures à 100 mm. et la température moyenne au-dessus de 4°.

W. Feckes (258), étudiant l'action des fumures sur la valeur boulangère des blés, dit qu'en règle générale l'influence des engrais est faible. L'azote augmente plus ou moins la teneur en gluten, mais cependant pas toujours la valeur boulangère. Une culture précédente de légumineuses agit dans le même sens que l'azote. La potasse augmente le poids des 1.000 grains et diminue un peu la teneur en gluten. Les engrais phosphatés et potassiques n'ont qu'une influence faible sur la valeur boulangère. L'influence de la chaux sur la valeur boulangère est douteuse.

MM. Javillier et O. Gaudin (259) ont recherché quelle pouvait être l'influence des engrais chimiques sur la production des principes immédiats de haute activité physiologique. Ils émettent l'opinion que, d'une façon générale, l'engrais semble agir sur le rendement en poids plutôt que sur la richesse en principes actifs. Ces recherches demandent à être poursuivies.

M. Demolon (260), commentant les recherches effectuées par les stations agronomiques en 1937, indique qu'on a manqué jusqu'ici d'une doctrine de la fertilisation étayée sur des faits expérimentaux bien établis. Or, il est devenu possible de compléter les lois générales énoncées par Liebig en 1840, par un certain nombre de principes directement applicables à la fixation de la fumure. Celle-ci, par analogie avec ce qui s'observe en matière d'alimentation, peut être définie par deux caractéristiques; l'une exprimant la quantité d'azote apportée, l'autre indiquant les rapports entre eux des 3 éléments $N/P^2O^5/K^2O$. L'interdépendance de ces 3 éléments justifierait un emploi plus large des engrais complets. Ceux-ci pourraient être réduits à un petit nombre de formules établies de manière à assurer l'équilibre du milieu dans les divers cas.

P. Potel (261) affirme que si l'apport d'engrais minéraux élève presque toujours les rendements, les conditions de nutrition de la plante sont par contre sans effet marqué dans nos régions sur les facteurs qui conditionnent les propriétés du gluten. Les conditions de nutrition de la plante, dit-il, agissent puissamment sur le rendement ; mais elles n'ont pas d'effet marqué sur les propriétés des blés, au moins quand il n'y a pas un déséquilibre très marqué du milieu. En effet, les déterminations effectuées sur les échantillons provenant de cultures expérimentales auxquelles l'ancienneté confère un intérêt particulier, ont montré que l'application de fumures minérales variables, répétées sur les mêmes parcelles pendant de nombreuses années consécutives, reste sans action notable sur les propriétés des blés. Ce fait montre en outre que les deux facteurs productivité et qualité sont indépendants.

G. Barbier (156), dans ses conclusions générales sur les expériences de Versailles en 1935, note la prépondérance des conditions météorologiques sur les rendements généraux des différentes cultures au cours d'une année déterminée.

Vincent (248), dans une étude sur Vilmorin 27, trouve que le phosphate tricalcique, l'ammonitre et les sels potassiques n'ont pas donné de différence de qualité ; mais il attribue ce fait à ce que le sol était suffisamment pourvu en éléments fertilisants assimilables. Dans des sols trop pauvres en acide phosphorique, le même auteur signale qu'une fumure par engrais azotés et potassiques a donné des rendements inférieurs à la fumure complète et que, dans ces sols, la déficience en P^2O^5 s'est accrue ; avec le fumier seul, on ne peut pratiquement pas équilibrer la fumure.

Lefort (262), étudiant l'action des fumures déséquilibrées sur le blé, constate que l'augmentation de la teneur de l'élément apporté diminue la teneur centésimale des autres éléments dans la matière sèche. Les apports d'azote seul (90 kg. à l'ha.), de P^2O^5 seul (200 kg.), de potasse seule (400 kg. à l'ha.), donnent des productions de matière sèche très voisines, avec un léger avantage pour l'apport de P^2O^5. Les fumures complètes donnent une production de matière sèche beaucoup plus élevée que les

fumures ne comportant qu'un seul élément fertilisant. On voit s'établir une régulation de l'absorption des éléments fertilisants. Les rendements à l'hectare sont fréquemment affectés par les déséquilibres de fumure.

Le poids de l'hectolitre oscille entre 80 et 80,6. La parcelle témoin et celle à fumure incomplète, phosphatée ou potassique, ont donné les poids les plus élevés mais l'écart est faible.

Martin et Liwerant (246) dans le Sud-Ouest, sur sol argilo-siliceux, notent :

1° Les déficits les plus forts en grain et en paille sont accusés en premier lieu par le manque total d'engrais chimiques.

2° C'est la fumure complète NPK qui forme les plus forts excédents.

3° L'excédent du rendement donné par la fumure complète va en décroissant par la suppression des éléments fertilisants dans l'ordre PNK.

Pour Joret et Malterre (182), la fumure la plus avantageuse pour le blé est l'utilisation intégrale de la formule 1/2 azote ammoniacal, 1/2 azote nitrique, étendue en même temps que la fumure phospho-potassique. Quand l'hiver est pluvieux et doux, la plante tend à prendre un développement prématuré; elle a besoin de trouver une fumure complète et équilibrée. Si on ne lui a pas assuré cette fumure, elle absorbera au printemps avec énergie l'azote qu'on lui donnera alors surtout sous forme nitrique. L'appareil végétatif se développera considérablement sans absorption parallèle des autres éléments fertilisants, moins rapidement utilisables; la plante sera plus sensible aux maladies et sujette à la verse.

Quand l'hiver est sec et froid, la plante peut en souffrir. Elle résistera mieux si elle a trouvé dès le début une fumure complète.

Cette pratique d'épandage des engrais azotés ne convient toutefois qu'aux sols de limons à réaction légèrement alcaline, ne renfermant pas un excès d'humus soluble, renfermant rela-

tivement peu d'azote total et suffisamment pourvus en acide phosphorique et en potasse. Dans les sols acides, au contraire, ce mode d'épandage de la fumure azotée prédispose la plante à la verse, surtout si la fumure phosphopotassique est insuffisante.

Les mêmes auteurs, examinant l'effet des engrais en 1934 sur 3 variétés de blé, constatent que la fumure azotée a augmenté la teneur en gluten pour les 3 variétés; par contre P^2O^5 et K^2O n'eurent pas d'effet sur les rendements et diminuèrent la teneur en gluten.

Le coefficient d'hydratation du gluten conditionne plus que la teneur en gluten le rendement en pain et le gonflement de celui-ci. Il donne une indication sur la valeur boulangère de la farine. Arpin fixe à 68 % la teneur optima pour le gluten d'une farine première. Les engrais n'ont pas amélioré à ce point de vue le coefficient d'hydratation des glutens des 3 variétés étudiées. Les fumures déséquilibrées par carence d'azote ont été défavorables pour les deux Vilmorin. Quant aux propriétés mécaniques évaluées à l'extensimètre, les auteurs considèrent que ces déterminations sont loin d'être un critérium indiscutable de la valeur boulangère des blés, mais qu'ils renseignent néanmoins dans une certaine mesure sur la tenue de la pâte au pétrissage et à la tourne, sur l'absorption d'eau et par suite sur le rendement en pain. La note d'extensimètre rend donc assez bien compte de la valeur commerciale d'un blé, et c'est à l'heure actuelle la méthode la plus pratique pour classer grossièrement les blés. Le gonflement a toujours été insuffisant pour les farines sorties des 3 variétés étudiées, et l'appréciation extensimétrique a surtout enregistré les variations de teneur en gluten. P. G. W ont été augmentés dans tous les cas par la fumure azotée, tandis que la potasse et l'acide phosphorique ont été nuisibles ou sans action.

L'effet défavorable d'un apport de P^2O^5 était dû, semble-t-il, à la grande richesse du sol en cet élément et celui de la potasse à la grande sécheresse de l'été qui a vraisemblablement provoqué une trop grande concentration des solutions du sol.

Les auteurs ajoutent : « Il est bien connu qu'il existe des blés très productifs et des blés de qualité. Ces deux caractères ne

sont du reste pas du tout exclusifs l'un de l'autre. La fumure doit avoir pour but de les augmenter en même temps. L'achat rationnel des engrais et le choix judicieux des variétés permettent à ce double point de vue d'atténuer les influences météréologiques défavorables et de profiter au maximum des circonstances favorables. »

J. Guérillot (181) a étudié l'épuisement du sol par la culture sans engrais. Il conclue que : 1) d'une manière générale, en 1935, on a eu un rendement en blé inférieur à celui des années antérieures de 1931 à 1934. Ces résultats se vérifient aussi bien pour les parcelles sans engrais qu'avec engrais. On constate toujours les plus faibles rendements sur les parcelles sans engrais ; 2) la privation d'un élément fertilisant a peu d'action sur le rendement, sauf pour l'azote. C'est là un fait constamment observé. L'action de l'N varie d'ailleurs beaucoup avec les années ; la baisse de rendement en grain par privation de cet élément varie de 8 % (1934) à 25 % (1933). En ce qui concerne le fumier employé seul, les résultats varient aussi. On constate en 1935 une baisse de rendement de 8 % sur le grain, alors que les rendements étaient identiques en 1931 et 1934 à ceux que donnait l'engrais chimique complet. Par contre, le fumier employé seul avait donné une baisse des rendements en grain de 24 % en 1932 et de 22 % en 1933.

Barbade, Pisani Borg et Duval (95), examinant l'influence des engrais sur la qualité du blé, constatent que « rien n'a été fait scientifiquement en ce qui concerne la qualité. Il règne dans cette étude une telle incohérence que les opinions sont absolument contradictoires. » Ils constatent d'ailleurs la difficulté du problème, compliqué par le nombre considérable de facteurs qui interviennent et, par suite, masquent l'action de la variable étudiée.

Nolte (194) constate qu'une fumure ne comportant qu'un élément et répétée seule un certain nombre d'années, diminue la valeur boulangère, par comparaison avec les cultures non fumées ou simplement engraissées au fumier de ferme. Les

fumures minérales complètes, en complément aux fumures de ferme et aux chaulages, n'abaissent pas la valeur boulangère, même au bout de plusieurs années; elles sembleraient au contraire l'améliorer.

Plaff (196), sur 19 champs d'expériences, constate que le poids à l'hectolitre a été favorablement influencé par la fumure complète, et la fumure KP par rapport à un terrain sans engrais et à la fumure KN et PN. Le taux en gluten a peu varié; peut-être a-t-il été diminué par les fumures azotées légères, mais généralement les fortes doses d'azote (par NO^3 plutôt que par NH^4) augmentent sensiblement la teneur en gluten. On a dit que l'emploi de fortes doses d'azote amène une augmentation de l'azote soluble; l'auteur ne constate rien de tel.

La fumure n'a exercé dans l'ensemble que peu d'influence sur les qualités du gluten évaluées par la méthode Pelsenke et par l'essai de gonflement du gluten dans les acides dilués (méth. Berliner). La fumure complète s'est montrée plus favorable que les fumures incomplètes. La même remarque est valable en ce qui concerne la note de cuisson.

Dans *Landbau und Technick* (183), on lit les conclusions suivantes à une étude intitulée « Influence des engrais sur la qualité des céréales panifiables ». Le fumier augmente le poids de l'hectolitre et la teneur en diastases; il n'influence ni la teneur azotée, ni la teneur en gluten, ni la valeur boulangère, ni la composition minérale. Les hautes doses de nitrate d'ammoniaque élèvent la teneur en gluten et diminuent un peu la teneur en cendres. L'acide phosphorique élève le poids de l'hectolitre et celui du grain. L'engrais complet augmente toujours la capacité de cuisson, le poids de l'hectolitre et la valeur boulangère du blé.

Neumann et Lemmerzahl (192) ont présenté un rapport concluant que les engrais ont une influence sur la qualité des blés, mais que leur action est masquée par les différences de croissance dues au milieu, qui sont plus importantes que celles dues aux engrais, et aussi par les erreurs dues aux méthodes imparfaites d'évaluation des qualités.

10. Influence des engrais, étudiée par des essais de culture en vases.

Burgevin, étudiant la corrélation entre les résultats des expériences en vases avec ceux des expériences en plein champ, considère que l'expérimentation en vases fournit une image des résultats de l'expérimentation en plein champ, image qui peut plus ou moins être déformée par le jeu des conditions spéciales dans lesquelles elle est pratiquée. Ses conclusions comportent des réserves tant qu'elles n'ont pas été contrôlées par l'expérimentation en plein champ.

Des essais de cultures, avec solutions nutritives ont confirmé, dit G. Barbier (156), que l'alimentation minérale de la plante varie considérablement pour un milieu donné selon l'espèce végétale considérée. Les essais effectués ont montré qu'il n'y a nullement parallélisme entre l'aptitude d'une plante à prélever un élément et ses exigences en cet élément.

La possibilité d'actions antagonistes entre les différents cations dont s'alimente la plante a été confirmée. Toutefois les sels neutres de calcium ont peu influencé l'absorption de K^2O pour le maïs et l'avoine et ce n'est que pour des variations du taux de Ca d'une amplitude supérieure à celle que l'on constate en général dans les sols que l'absorption du magnésium s'est trouvée notablement modifiée. Parmi les nombreux phénomènes d'antagonisme observés sur des plantes cultivées en terre, certains ont pu être facilement reproduits dans des cultures sur solutions nutritives (antagonisme K^2O/Cao, Mg et Na). D'autres au contraire n'ont pu être reproduits. Il faut donc admettre que dans les sols où les chaulages entravent l'alimentation potassique de la plante cette inhibition est liée à un mécanisme physico-chimique se produisant dans le sol.

Thélin et Beaumont (200) ont étudié la croissance du blé et du riz en solutions nutritives complétées avec différentes formes d'azote. Le riz s'est accommodé mieux que le blé du sulfate d'ammoniaque.

Des essais ont été faits par Cericke (170) sur le blé au moyen de liquides nutritifs contenant seulement de l'eau et des nitrates d'NH^4, Ca, Mg, Na et K ; dans la deuxième partie de la végétation, les solutions furent constituées par les chlorures des cations précédents, et les blés obtenus ont été étudiés au point de vue de la valeur boulangère. La maturité du grain a été plus rapide dans le cas du KCl, le blé nourri au NH^4Cl étant plus long à mûrir a donné des grains légèrement raccornis. La culture traitée au chlorure de calcium a produit le pain de meilleure qualité comparativement à la teneur en protéines du grain.

CHOIX ET EXPOSÉ DES MÉTHODES UTILISÉES

Au cours de ce travail, nous avons dû modifier un certain nombre de méthodes classiques de manière à les adapter à nos recherches; on trouvera ci-après les méthodes utilisées.

A. — ANALYSE CHIMIQUE DES BLÉS

Notre choix analytique a été guidé par l'obligation où nous nous trouvions d'opérer sur une faible quantité de grains. Nos cultures en pot ne fournissaient, en effet, que des échantillons d'une dizaine de grammes; pour obtenir des résultats comparables, il a fallu adopter les mêmes méthodes à l'analyse des blés récoltés en plein champ.

Le gluten constitue l'élément principal de la farine; il était séduisant, pour le doser, de faire digérer l'amidon par un ferment approprié et de peser le produit non attaqué. Nous avons utilisé la diastase amylolytique pure Poulenc. Malheureusement les résultats obtenus par cette méthode n'étaient pas constants; la diastase attaquait, en effet, une partie du gluten; d'autre part, une certaine quantité d'amidon échappait à l'hydrolyse. A la suite de nombreux essais, il a fallu abandonner cette méthode.

Nous avons alors cherché à doser directement par la méthode de Kjehldal l'azote de la farine. Cependant l'expérience a montré que cette manière de faire ne donnait pas de résultats constants : l'azote trouvé était lié au taux d'extraction de la farine. Or, pratiquement, il est impossible d'obtenir, sur de si petites quantités de grains, des taux d'extraction identiques. Nous avons tourné la difficulté en dosant d'abord l'azote total contenu dans le grain, puis celui de l'enveloppe; la différence

entre ces deux valeurs représente l'azote de l'amande. Pour comparer les résultats, les chiffres ont été rapportés à la matière sèche; nous avons donc déterminé l'humidité du blé et de la farine. En outre, la partie extractible par l'alcool à 70° (la gliadine) a été dosée. Nous avons mis au point la méthode dont on trouvera ci-dessous le mode opératoire.

I. — MODE OPÉRATOIRE

Dosage de l'azote total. — L'azote total de blé est dosé sur 1 gramme par la méthode classique de KJEHLDAL.

Dosage de l'azote de l'enveloppe. — *Extraction de l'enveloppe.* On laisse macérer 2 g. de blé dans 10 cc. d'eau en flacon fermé durant 3 jours : le grain gonfle, l'amande devient pâteuse; on coupe le grain en deux et on sépare facilement l'enveloppe au moyen d'une pince et d'une aiguille; les enveloppes bien nettoyées sont mises dans un matras de KJEHLDAL et lavées 3 fois à l'eau distillée de manière à éliminer toute trace de farine; l'azote est alors dosé par la méthode ordinaire.

L'emploi de cette méthode suppose que tout l'azote de l'enveloppe est insoluble dans l'eau; en réalité, une très faible portion est soluble, mais l'erreur introduite est de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales; dans la pratique nous avons obtenu des résultats très concordants.

Humidité du grain. — L'humidité du grain est évaluée sur 1 g. dans un petit vase taré. On commence la dessiccation, puis on broie le blé dans un mortier; la dessiccation est terminée à 110°. Cette manière de faire permet un broyage facile du grain et par suite une durée plus courte de l'opération. Le grain séché pourra servir à la détermination de l'azote total.

Dosage de la gliadine. — a) *Séparation de la farine.* 2 gr. de blé sont placés dans un mortier de porcelaine vernissée et broyés avec un pilon bien lisse pour ne pas déchiqueter l'enveloppe.

On procède par broyages et tamisages successifs et on brosse le son avec un pinceau; on s'efforce d'obtenir un taux d'extraction voisin de 70 %. Pour cela on pèse les sons de temps en temps avec une petite balance-trébuchet sensible. Le tamis de soie utilisé est un tamis n° 100.

La farine étant séparée, on en extrait la gliadine.

b) *Extraction de la gliadine.* La moitié environ de la farine extraite a servi à doser la gliadine, l'autre moitié à doser l'humidité.

On prélève 0 g. 75 de la farine obtenue précédemment et on traite par 50 cc. d'alcool à 70°. Une faible variation du degré alcoolique — 1 ou 2 degrés — n'influe pas sur le résultat. Il en est de même de la variation de température entre 20 et 30°. On agite le ballon assez fréquemment pour maintenir la farine en suspension et la durée de contact est de 24 heures. Au bout de ce temps, on filtre rapidement et on prélève 25 cc. d'alcool que l'on met dans un matras de Kjehldal; on évapore l'alcool en évitant les soubresauts et les projections; on laisse refroidir; on ajoute 10 cc. d'acide sulfurique pur et on transforme en sel ammoniacal, que l'on dose comme l'azote total.

La gliadine est évaluée en azote rapporté à 100 g. de blé sec. Elle s'obtient par la formule suivante, où x est le nombre de cc. d'acide sulfurique correspondant à l'azote dégagé :

$$\frac{x \times 1{,}4 \times 50\text{cc.} \times \text{poids de farine extr. de 2 g.} \times 100 \text{ blé norm.} \times \text{blé sec.}}{1.000 \times 25 \text{ cc.} \times 0{,}750 \times 2 \text{ g. blé} \times (100 - H^2O \text{ blé}).}$$

En remplaçant : poids farine ext. de 2 g. × 100 par t (taux d'extraction), il vient :

$$\frac{x \times 1{,}4 \times 50 \times t \times 100}{1.000 \times 25 \times 0{,}75 \times 100 - H^2O \text{ blé}} \quad \text{ou} \quad \frac{x \times 2{,}8 \times t}{7.5\,(100 - H^2O \text{ blé})}$$

Les déterminations précédentes ont permis de calculer les rapports suivants : rapport $= \frac{\text{azote gliadine,}}{\text{azote total de la farine}}$ $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote de l'amande}}$, $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote gluténine}}$; (azote gluténine = azote de l'amande — azote gliadine).

Étude de la minéralisation. — Lorsque les échantillons de blé étaient assez abondants, nous avons, d'une part, étudié la minéralisation des grains, et, d'autre part, fait une analyse complète de la farine. C'est ainsi que nous avons dosé sur les blés cultivés en plein champ la magnésie, l'acide phosphorique, l'anhydride sulfurique. La méthode employée est celle de G. Bertrand (4). Le grain est oxydé par l'acide azotique fumant et redistillé. Après neutralisation par le carbonate de soude anhydre pur, on effectue la combustion dans un four électrique pour éviter l'apport de soufre par les gaz des appareils à mouffle. Les cendres reprises par un peu d'acide azotique sont à nouveau évaporées à sec pour insolubiliser la silice. Le résidu est repris par l'acide azotique et filtré. L'opération faite en triple permet de doser sur les filtrats l'acide phosphorique par le nitromolybdate que l'on redissout ensuite dans l'ammoniaque et précipite à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. L'anhydride sulfurique est précipité par le nitrate de baryte. La magnésie est dosée par les méthodes ordinaires : la chaux, peu abondante, est tenue en dissolution par le citrate d'ammoniaque et la magnésie est précipitée par le phosphate d'ammoniaque à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

Étude de la farine. — a) *Obtention de la farine :* mouture. Le laboratoire ne possédant pas le matériel nécessaire, les moutures ont été effectuées par l'École de Meunerie de Poissy. L'outillage de l'établissement et l'habileté de son personnel permettent sur quelques kilogrammes de blé d'obtenir des moutures tout à fait comparables. Les relevés de mouture donnent de nombreux renseignements, en particulier : la date de mouture, le poids du blé avant mouillage, l'humidité du blé, la quantité d'eau ajoutée pour amener tous les grains à la même humidité, le poids du blé mis en mouture, de la farine de broyage, de la farine totale, des remoulages, des recoupes, des sons. Les taux d'extraction de la farine ont toujours été compris entre 69 et 72 %.

b) *Déterminations chimiques.* Les déterminations chimiques effectuées sur les farines sont : le dosage du gluten, le coefficient d'hydratation, l'humidité, la matière grasse, les cendres, l'acidité,

l'azote total de la farine, l'azote soluble dans l'eau, l'évaluation de la gliadine par la méthode Fleurent (1), le dosage de l'azote de cette gliadine; ces dosages sont effectués suivant les méthodes classiques.

Pour les farines, nous avons évalué les rapports : $\frac{\text{gliadine}}{\text{extrait total}}$, $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote gluténine}}$, $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote de l'extrait total}}$; enfin, le rapport de Fleurent : $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$, gluten calculé; en outre, on a dosé l'azote du gluten et de la gliadine et calculé par quels chiffres il faudrait les multiplier pour obtenir le gluten et la gliadine.

II. — ESSAIS PHYSICO-CHIMIQUES DES BLÉS ET FARINES

Nous avons fait deux essais mécaniques de cette nature : 1° par la méthode Pelsenke; 2° par l'extensimètre Chopin, essais complétés par un essai de panification.

1° **Essai par méthode Pelsenke.** — Nous avons utilisé cette méthode toutes les fois que nous disposions des 5 g. de grain qu'elle exige.

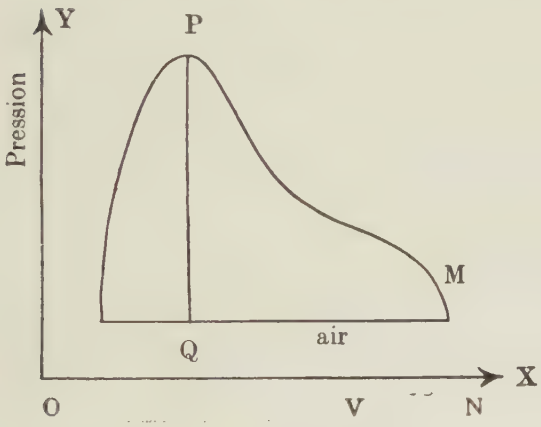
On prépare avec 5 gr. de blé broyé, 0 g. 25 de levure et de l'eau une pâte mi-molle que l'on pétrit en une sphère bien régulière et sans crevasses; on la place dans un verre contenant 75 cc. d'eau, maintenue dans une étuve à 31-33°. La sphère, qui tombe d'abord au fond du verre, remonte au bout de 10 à 15 minutes, puis se disloque sous l'effet des gaz produits par la fermentation. Des morceaux de pâte tombent au fond du verre; on note le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a mis la boule dans le verre et celui où les premiers morceaux de pâte se disloquent et tombent. Ce temps évalué en minutes caractérise la qualité du gluten du blé considéré.

(1) On sait que dans cette méthode la gliadine est dosée sur le gluten extrait et non sur la farine, suivant la méthode indiquée au chapitre précédent.

2° **Essai à l'extensimètre Chopin** (voir notice). — Voici le principe de l'appareil : un mince disque de pâte est collé par son pourtour sur un plateau métallique. Dans la partie centrale de ce dernier, un orifice permet d'introduire de l'air entre le disque de pâte et le support. On peut obtenir ainsi un gonflement artificiel de la pâte; on détermine la variation de la pression de l'air à l'intérieur de la bulle formée, en fonction du temps; on mesure également le volume d'air introduit au moment de la rupture.

La *ténacité* de la pâte est donnée par la pression maximum PQ mesurée en millimètres d'eau; l'hydratation de la pâte étant constante, plus la longueur PQ sera élevée, plus la farine sera susceptible d'absorber de l'eau, c'est-à-dire tenace.

L'*élasticité* est mesurée par l'abscisse ON ou par le volume d'air qui provoque la rupture de l'éprouvette; l'augmentation de volume prise par la pâte au cours de la panification est à peu près proportionnelle à la racine carrée du volume d'air qui détermine la rupture de l'éprouvette. On appelle indice de gonflement panaire G la racine carrée de ce volume d'air. L'allonge qui reçoit le courant d'eau chassant l'air sous la pâte est directement graduée en indice de gonflement.



Travail de déformation de la pâte : coefficient W. La déformation de l'éprouvette exige un certain travail; le travail total de déformation de la pâte est obtenu en multipliant la surface du diagramme OPMNO (moyenne des 8 essais) par la valeur du centimètre carré (donnée par un tableau caractérisant l'appareil). On trouvera ci-dessus l'aspect d'un diagramme réel; le coeffi-

cient W est obtenu en divisant ce travail total par le poids de l'éprouvette. Le W est donc le travail que nécessite la déformation de 1 g. de pâte pour passer de l'état massif à celui de membrane mince. La relation qui existe entre le W d'une farine et sa valeur boulangère a été établie d'une façon indiscutable par l'observation des caractéristiques des farines. Il existe pour chaque région une valeur minima du W et de l'indice de gonflement G pour lesquels apparaissent les plaintes de la boulangerie. Pour qu'une farine satisfasse la clientèle au point de vue plastique, il est nécessaire : 1° que le travail de déformation W demeure aussi voisin que possible d'une valeur acceptable (100 environ); 2° il faut encore que l'indice de gonflement G soit voisin de 20.

3° **Essai de panification.** — Le pétrin utilisé consiste en un très grand mortier de porcelaine (40 cm. de diamètre environ). Le mélange de levure et de sel, préalablement effectué, on prépare l'eau de pétrissage à température optimum de 33° dans une grande éprouvette graduée, ce qui permet de noter avec exactitude la quantité d'eau ajoutée. Le pétrissage terminé, on laisse la 1re fermentation s'opérer sur toile, puis, 2 h. 1/2 après le pétrissage, on fait la mise en forme, soit en moule métallique de 28 cm. sur 9 cm. 5 de large, pour les essais avec levure, soit en banneton, pour les essais sur levain. De même, on détermine l'acidité et l'humidité de la pâte au moment de l'enfournement. A la mise en forme on prélève 25 g. de pâte, d'une part, que l'on introduit dans des flacons émeri, et 5 g. d'autre part, qu'on met dans des flacons à tare, préalablement pesés; sur ces 5 g. on détermine l'humidité de la pâte. On ajoute aux 25 g. de pâte 100 cc. d'alcool absolu, et, fermant le flacon, on agite énergiquement afin de délayer la pâte. Après un repos de 12 heures, l'acidité est dosée sur 50 cc. au moyen de potasse alcoolique titrée en présence de phtaléine.

La cuisson est effectuée dans un petit four, chauffé au gaz, et permettant juste la cuisson de 5 pains à une température rigoureusement la même et réglable à volonté. Outre les poids de farine et d'eau utilisés, l'humidité de la pâte et son acidité, les conditions de panification et de cuisson. nous avons noté

les dimensions des pains obtenus, leur poids au défournement, puis à froid, et déterminé leur volume, à chaud, à froid. Ce volume a été évalué par déplacement avec des graines de psillium. L'examen des caractères organoleptiques a été effectué en utilisant la méthode BOLDESCU (1).

---

(1) Nouvelle méthode d'interprétation des facteurs contribuant au développement du pouvoir panifiant des farines (BOLDESCU, *Ch. Industrie*, nov. 1936, 1013, 725 D). Recherche d'un moyen de traduire en chiffres les qualités organoleptiques du pain, de façon à réaliser une échelle universelle de classification des farines. L'auteur propose de désigner par :

$a = \frac{V}{G}$ la légèreté du pain (quotient du volume par le poids du pain).

$\frac{I}{D}$ = la forme (rapport de la plus grande hauteur ou longueur au diamètre).

C = la couleur de la mie.

T = la structure.

M = l'odeur.

N = le goût.

H = la capacité d'absorption de l'eau par la farine.

F = l'aspect de la croûte.

La couleur serait notée de 1 à 4, la structure de 1 à 5, l'odeur, le goût, l'aspect de la croûte de 1 à 3. La capacité d'absorption de l'eau serait notée à raison de 1 point pour 2 % au-dessus de 49 %. La valeur boulangère serait donnée par la formule $\left(a + \frac{I}{D} \right) (C + T + M + N + H + F)$.

Par exemple pour une farine ayant donné un pain faisant 4 litres 7 au kilog le rapport $\frac{\text{hauteur}}{\text{diamètre}}$ étant 0,86, la mie bien blanche et d'une structure parfaite, d'odeur et de goût agréable, la croûte régulière et bien bombée, la farine absorbant 66,5 % d'eau, on aura l'indice $(4{,}7+0{,}86)\ (4+5+3+3+9+3) = 150$. Avec ces conventions, un pain d'indice supérieur à 100 provient d'une excellente farine.

B. — ANALYSE DES SOLS

Nous avons procédé, pour les terres, à l'analyse élémentaire, à l'analyse des éléments solubles dans l'acide azotique bouillant, et pour les terres ayant servi aux essais en pot, à l'analyse des éléments solubles dans l'eau.

a) *L'analyse élémentaire* a été pratiquée par fusion alcaline au carbonate de sodium et au nitrate de potassium pour oxyder le soufre et le phosphore. L'échantillon était porphyrisé, puis sur 2 g. on a déterminé la perte au feu et pratiqué la fusion avec 12 gr. du mélange : carbonate de soude-nitrate de potassium, fusion que l'on maintenait pendant 2 heures. Le magma était dissout de nouveau dans l'acide azotique, puis évaporé à sec pour insolubiliser la silice; on reprenait par l'acide étendu, on filtrait la silice sur un ballon de 200 cc. Sur 100 cc., on continuait la détermination des oxydes de fer et d'alumine, de la chaux et de la magnésie. Sur les 100 cc. restant, on dosait l'acide phosphorique par le nitromolybdate. Le soufre était dosé, sur le résultat d'une nouvelle fusion, à l'état de sulfate de baryte.

Quant aux alcalins, soude et potasse, ils ont été dosés par la méthode de Lawrence Schmidt, c'est-à-dire par fusion avec du carbonate de chaux, du carbonate de baryte, du chlorure d'ammonium; puis les opérations suivantes se succèdent : reprise du magma; précipitation de la chaux par l'oxalate d'ammonium; évaporation des chlorures en capsule de platine tarée et séparation de la soude et de la potasse par la méthode classique au perchlorate.

b) *Les éléments assimilables* furent dosés par la méthode un peu désuète, mais très comparative, autrefois utilisée par les stations

agronomiques. Elle consiste à considérer comme assimilable tout ce que l'acide azotique peut dissoudre en 5 heures à l'ébullition. Méthode grossière sans doute, mais permettant à notre avis une comparaison assez exacte entre les différentes terres. Par cette méthode on dose l'acide phosphorique, la chaux, la magnésie, l'acide sulfurique et la potasse. Directement sur la terre, on détermine la teneur en azote par la méthode à la chaux sodée.

c) *Quant aux éléments solubles dans l'eau*, dosés sur nos terres, ce sont l'azote nitrique, le chlore, l'acide sulfurique, l'acide phosphorique, la chaux, la magnésie, la potasse.

Ces dosages furent effectués sur les solutions obtenues en agitant 500 gr. de terre à l'agitateur mécanique avec 1 litre d'eau distillée, puis en essorant le liquide sur plaque filtrante.

Pour l'azote nitrique, on a employé le procédé de Granval et Lajoux, pour le chlore, celui de Deniges (11), de même pour l'acide phosphorique, avec le réactif molybdosomolybdique, enfin pour l'acide sulfurique, la chaux, la magnésie, la potasse, les méthodes classiques dont celles au cobaltonitrite pour la potasse.

Chaque terre dut être soumise à deux extractions successives, afin de pouvoir évaluer ces éléments sur des doses suffisantes. Sur les mêmes liquides, aussitôt après leur filtration, nous avons déterminé le pH par voie colorimétrique, grâce au procédé des échelles, suivant la technique Denigés (12). Nos chiffres ont été contrôlés avec le Péhamètre d'Hellige. Enfin, chaque terre a été examinée au point de vue physique : finesse des éléments, proportion de cailloux, etc.

C. — ANALYSE DES CENDRES DE BLÉS

Nous avons également dosé pour les cultures en pot de terre et sur champ la quantité d'éléments enlevés par les blés, moyen d'apprécier, pour chaque terre, les éléments assimilables pour une culture déterminée.

Les tiges et les feuilles séchées à l'air ont été calcinées dans un grand four électrique chauffé vers 600° au plus pour éviter la volatilisation des chlorures, et jusqu'à cendres blanches.

On pèse les cendres, et sur une partie aliquote, on dose la soude et la potasse par la méthode au perchlorate, après avoir insolubilisé la silice et précipité par la baryte et le carbonate d'ammoniaque tous les métaux précipitables.

L'acide sulfurique, l'acide phosphorique, la chaux, la magnésie, le fer et l'alumine sont dosés sur d'autres parties aliquotes.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE I

RAPPORTS ENTRE LE W ET L'AZOTE

Le W est-il en relation avec la quantité d'azote contenue dans l'amande du grain de blé, ou avec la teneur en azote total et celle en azote de l'extractif à l'alcool à 70° ?

Pour pouvoir comparer les résultats obtenus dans les cultures en pots, nous avons cherché à remplacer les essais physico-chimiques demandant une trop grande quantité de produit, par des analyses chimiques effectuées sur quelques grammes.

Il était intéressant de connaître s'il existe un parallélisme entre la valeur du W et la quantité d'azote de l'amande ou encore entre le W et les rapports $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N total}}$ et $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N de l'amande.}}$ C'est pour cette raison qu'avant d'aborder l'étude des cultures en pots, nous avons effectué ces recherches préliminaires.

Nous nous sommes donc procuré une gamme de blés de provenances très diverses, sélectionnés et de W différents. La majeure partie des échantillons nous a été aimablement adressée par les Grands Moulins de Paris avec leurs déterminations extensimétriques sur farine à 50 %. Nous avons, sur les mêmes blés, déterminé également à Rennes le W sur la farine entière (70 % environ) obtenue à l'aide du petit broyeur annexe de l'extensimètre Chopin. On trouvera pages 69 à 71 le relevé des déterminations que nous avons effectuées sur ces blés.

L'azote de l'amande qui représente à peu de chose près l'azote du gluten nous paraissant le facteur le plus intéressant, nous avons classé les blés examinés suivant leur teneur en azote de l'amande.

Dans les tableaux on trouvera également l'N total du blé (col. 2), l'azote de l'enveloppe (col. 3). L'azote de la gliadine figure dans la 4e colonne; les rapports $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N total}}$ et $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N de l'amande}}$ sont consignés dans les colonnes 5 et 6. Dans les colonnes 7 et 8 on a indiqué le W, P et G déterminés par les essais Chopin. Enfin, à titre de documentation, on trouvera, dans la colonne 9, l'humidité du grain.

L'examen de ces tableaux montre l'influence du taux d'extraction sur le W des farines et il semble que l'on puisse en tirer les conclusions suivantes :

a) Pour les blés à très fort W (Manitoba), le passage d'un taux de 50 % à un taux de 70 % n'amène guère de modification du W, mais se traduit par une augmentation considérable de P avec une diminution importante de G.

b) Pour les blés à faible W (Kolben), l'extraction à 70 % détermine, par rapport à celle à 50 %, une augmentation notable du W (10 à 50 points), avec une augmentation de P (5 à 20 points); G diminue légèrement ou reste stationnaire.

c) Quant aux blés à W moyens correspondant aux bons blés courants, ils ne présentent plus de variations aussi nettes dans un sens déterminé. Le W peut rester constant (Sarragnet-Bon Moulin), P et G restant également constants. Le W peut croître légèrement (Poilu du Tarn, Hybride 80) avec un accroissement de P et diminution de G.

W peut enfin augmenter beaucoup (Hybride 13) avec grosse augmentation de P et diminution marquée de G.

Nous avons cherché s'il était possible d'expliquer ces variations.

En examinant les courbes extensimétriques de plus près, nous avons trouvé que l'on peut les rattacher à 3 types de courbes différents.

1er type : Courbe croissant rapidement, atteignant une grande valeur de P (50 environ) et descendant brusquement. Dans cette catégorie rentrent les blés de force à grand W.

2e type : Courbe croissant moins rapidement avec une valeur de P (de 30 à 35) plus faible, mais dont la décroissance est plus longue suivant l'axe des V. Les farines ayant ce diagramme sont des farines de bonne qualité boulangère. Dans la pratique, les blés donnant de telles farines sont dits « équilibrés ».

3e type : Courbe ayant un faible P (25) et s'allongeant beaucoup sur l'axe des V. A ce type appartiennent les farines à gluten mou, à mauvaise valeur boulangère, bien qu'ayant parfois un W assez fort.

Le W ne caractérise donc pas à lui seul une farine et pour donner toute la valeur aux comparaisons, il faut s'adresser aux farines ayant des courbes extensimétriques de même allure.

***

Recherchons maintenant s'il y a une relation entre le rapport $A = \frac{\text{N gliadine}}{\text{N total}}$ par exemple, et les trois types de courbes extensimétriques.

L'examen des diagrammes montre que les courbes du type 2 donnent les rapports A les plus élevés. Alors que pour ces blés le W varie de 163 (Ile-de-France) à 46 seulement pour le Chiddam, le rapport A, pour tous ces blés, est voisin de 40.

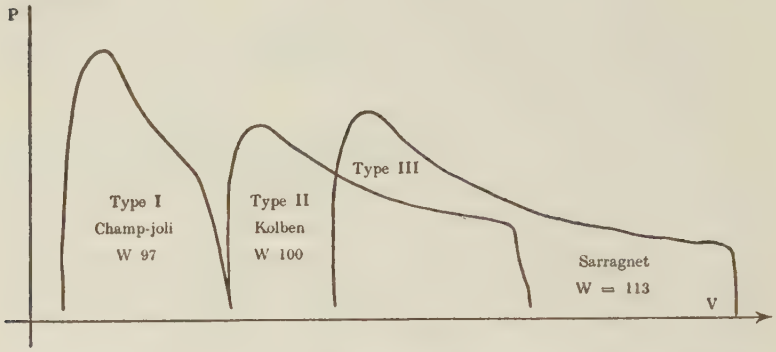
Pour les farines se rangeant soit dans la catégorie 1, soit dans la catégorie 3, le rapport A est sensiblement plus petit. Dans la catégorie 1 correspondant en général à des blés donnant des farines à W élevé (139 à 349), le rapport moyen est de 35. Quant à la série 3, elle appartient le plus souvent à des blés à faible W (60-113) et le rapport A moyen se fixe aux environs de 34.

Cette différence entre les rapports A est encore plus nette si au lieu de comparer des courbes de même type on compare des courbes correspondant sensiblement au même W mais appartenant à des types différents.

Ainsi on peut comparer « Champjoli, Kolben et Sarragnet ».

	W	A	Type
Champjoli	97	29,85	1
Kolben.....	100	47,52	2
Sarragnet.....	113	34,54	3

Ces blés ont les courbes extensimétriques reproduites ci-dessous :



Notons cependant, qu'ainsi qu'il arrive dans tout classement, il se trouve des blés dont les courbes extensimétriques n'appartiennent pas nettement à l'un des trois types mais se rapprochent de l'un d'eux. Pour de tels blés on peut dire qu'en règle générale, lorsque, pour une surface donnée du diagramme, les courbes s'allongent sur l'axe des V ou sur l'axe des P, le rapport A diminue nettement.

En conclusion :

1. Il n'y a aucun rapport entre l'N total, l'N de l'amande, l'N de la gliadine et le W.

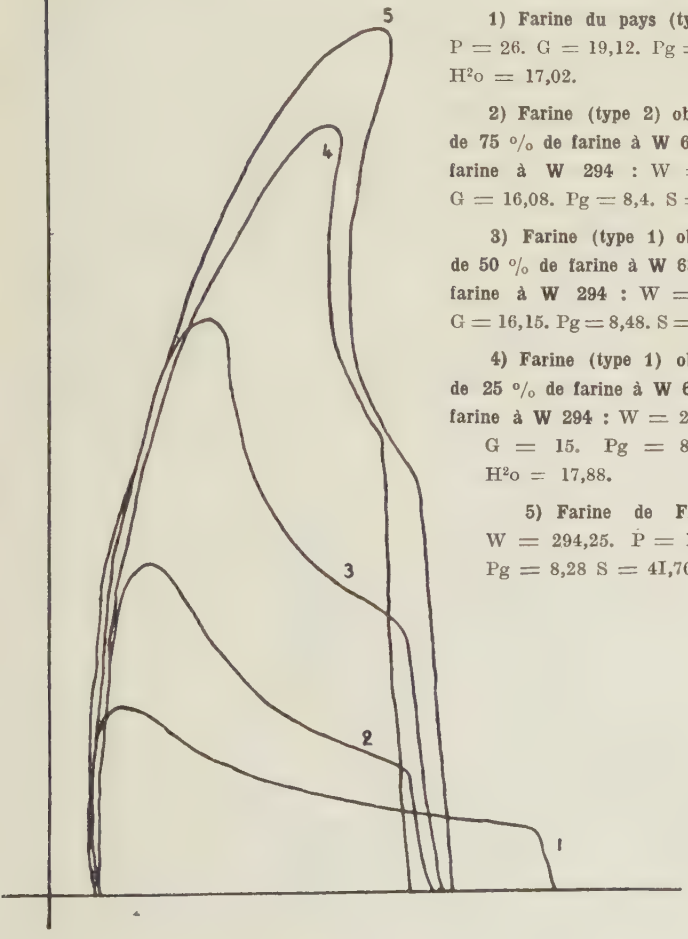
2. Par contre, si on examine l'allure des courbes extensimétriques, on constate que celles-ci se rangent suivant 3 types et que, pour ces types, c'est le genre 2 qui présente le rapport $A = \frac{\text{N gliadine}}{\text{N total}}$ le plus élevé.

3. Par conséquent, la détermination par les méthodes chimiques du rapport A permet de prédire à l'avance à quel genre de courbe extensimétrique se rapporte la farine du blé examiné. On en déduit dès lors quelques précieux renseignements sur les propriétés élastiques probables des pâtes que donneront la farine de ce blé.

4. Si on trouve un rapport A voisin de 40, on a affaire au type 2. Si au contraire on a pour A une valeur voisine de 35, le type est soit 1, soit 3, mais il se rapproche de 2. Pour les valeurs voisines de 30 on a alors franchement soit le type 1, soit le type 3. La valeur de l'azote de l'amande permet d'ailleurs

en général d'opter pour l'un ou l'autre car la teneur de cet azote est voisine de 1,9 pour le type 1 et de 1,6 pour le type 3.

5. Si nous ajoutons que la pratique a montré que les farines ayant des W voisins de 110 donnaient satisfaction, nous sommes amenés à penser que les farines présentant les meilleures propriétés mécaniques sont celles qui ont un rapport A voisin de 40 avec un W de 100 à 150. Les autres farines devront être employées en mélange. L'addition de farine du type 1 à de la farine du type 3 doit donner un mélange du type 2 au point de vue courbe extensimétrque. Cette affirmation est vérifiée par l'exemple suivant :



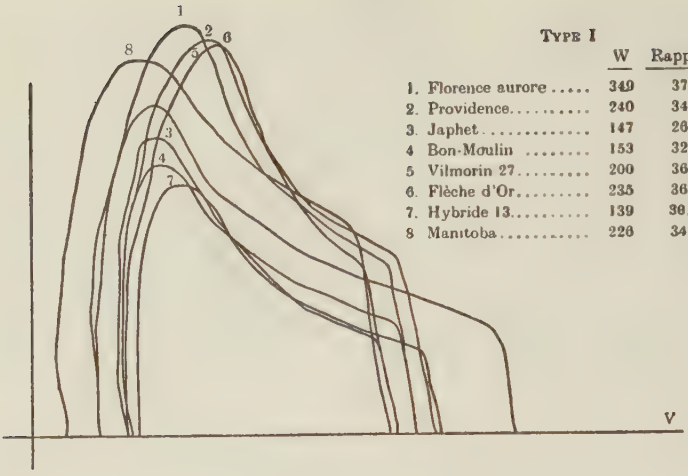
1) Farine du pays (type 3) : W = 63. P = 26. G = 19,12. Pg = 8,37. S = 10,5. H^2o = 17,02.

2) Farine (type 2) obtenue par mélange de 75 °/o de farine à W 63,5 et de 25 °/o de farine à W 294 : W = 92. P = 52. G = 16,08. Pg = 8,4. S = 15. H^2o = 16,9.

3) Farine (type 1) obtenue par mélange de 50 °/o de farine à W 63,5 et de 50 °/o de farine à W 294 : W = 180. P = 89,5. G = 16,15. Pg = 8,48. S = 29,7. H^2o = 17,62.

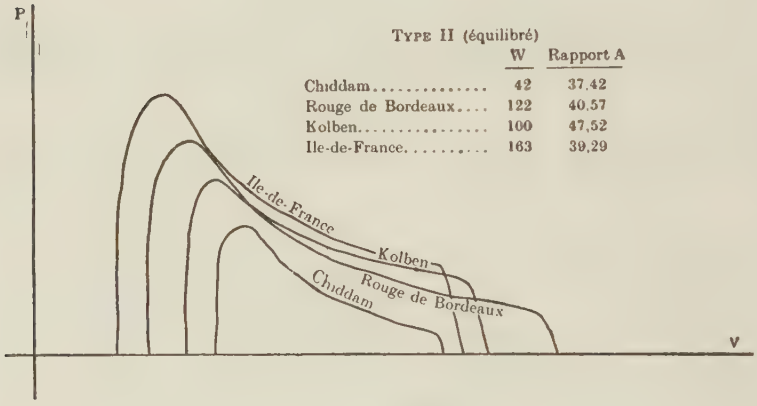
4) Farine (type 1) obtenue par mélange de 25 °/o de farine à W 63,5 et de 75 °/o de farine à W 294 : W = 231,75. P = 117,5. G = 15. Pg = 8,55. S = 38,20. H^2o = 17,88.

5) Farine de Florence Aurore : W = 294,25. P = 133,5. G = 17,17. Pg = 8,28 S = 41,70. H^2o = 15,16.



Type I

	W	Rapport A
1. Florence aurore	349	37,12
2. Providence	240	34,68
3. Japhet	147	26,60
4 Bon-Moulin	153	32,67
5 Vilmorin 27	200	36,02
6. Flèche d'Or	235	36,41
7. Hybride 13	139	30,37
8 Manitoba	226	34,95



Type II (équilibré)

	W	Rapport A
Chiddam	42	37,42
Rouge de Bordeaux	122	40,57
Kolben	100	47,52
Ile-de-France	163	39,29

Type III

	W	Rapport A
1. Saumur de Mars	76	35,57
2. Wilhelmine P_1	63	36,15
3. Hybride 80	77,5	31,08
4. Hybride 40	70	31,32
6. Hatif Inversable	60	33,16
6. Sarragnet	113	34,54
7 Goldendrop	77,9	35

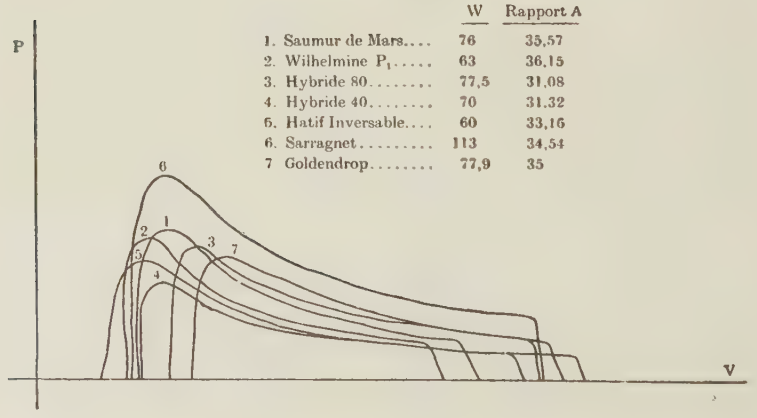


TABLEAU 1. — *Caractéristiques de quelques blés français.*

Nom du blé	N de l'amande sur 100 gr. blé sec	N total sur 100 gr. de blé sec	N de l'enveloppe sr 100 gr. blé sec	N de gliadine ext. sur farine à 70 % provenant de 100 gr. blé sec	Rapport $\frac{N\ gliadine}{N\ total}$	Rapport $\frac{N\ gliadine}{N\ de\ l'amande}$	W. à l'extensimètre Chopin sur farine à 50 %	W. à l'extensimètre Chopin sur farine à 70 %	Humidité du blé
Manitoba.....	2,233	2,867	0,637	1,002	34,95	44,93	P = 57 G = 25,6 W = 229	W 226 { 83 18,75	12,1
Florence Aurore (35)....	2,111	2,570	0,459	0,954	37,12	45,19	»	349 { 113 17	11,7
Poilu du Tarn.....	2,003	2,617	0,614	0,891	34,04	44,48	P = 36 G = 16 W = 53,5	86 { 45 17,35	12,8
Vilmorin 27.....	1,947	2,373	0,426	0,855	36,03	43,91	P = 47,7 G = 20,6 W = 117,5	200 { 67 17	12,1
Japhet.....	1,931	2,447	0,516	0,7	28,6	36,25	P = 33 G = 20,6 W = 73	147 { 32 17,15	13,05
— (35).....	1,812	2,21	0,398	0,959	43,39	52,92	»	262	12,2
Sarragnet.....	1,804	2,394	0,590	0,827	34,54	45,84	P = 40,5 G = 24 W = 113	113 { 42,5 20,6	12,3
Bon Moulin.....	1,795	2,164	0,369	0,707	32,67	39,38	P = 46 G = 22,7 W = 142	155 { 63 17,2	12,8
Vilmorin 27.....	1,730	2,12	0,390	0,704	33,2	40,69	»	169 { 56 18,95	13,5
Hybride 13.....	1,704	2,309	0,605	0,840	36,37	49,29	P = 38,1 G = 19,5 W = 76	139 { 56 17,9	12,1

TABLEAU 1. — *Caractéristiques de quelques blés français (suite).*

Nom du blé	N de l'amande sur 100 gr. blé sec	N total sur 100 gr. de blé sec	N de l'enveloppe sur 100 gr. blé sec	N de gliadine ext. sur farine à 70 % provenant de 100 gr. blé sec	Rapport $\frac{N\ gliadine}{N\ total}$	Rapport $\frac{N\ gliadine}{N\ de\ l'amande}$	W. à l'extensimètre Chopin sur farine à 50 %	W. à l'extensimètre Chopin sur farine à 70 %	Humidité du blé
Chiddam de mars.....	1,694	2,223	0,529	0,832	37,42	43,21	»	46,5 { 32 / 15,3	12,8
Hâtif inversable.....	1,658	2,156	0,498	0,715	33,16	43,12	»	60 { 25 / 21,4	13
Hybride du Bon Fermier.	1,649	2,03	0,381	0,807	39,74	48,93	»	181 { 75 / 16,75	15,7
Hybride 40.....	1,624	2,228	0,604	0,698	31,32	42,98	P = 24,5 / G = 24,2 W = 71	70	12,8
Riéti.....	1,553	2,034	0,481	0,756	37,16	48,68	P = 29,3 / G = 20,3 W = 59		12,6
Providence 34.....	1,536	1,900	0,364	0,659	34,68	42,9	»	240 { 90 / 18	13,5
Rouge de Bordeaux.....	1,527	1,977	0,450	0,802	40,57	52,52	»	122 { 48 / 20	16
Saumur de mars.....	1,527	2,111	0,584	0,751	35,57	47,41	»	76 { 33 / 18,5	13,8
Hybride 80.....	1,509	2,113	0,604	0,672	31,08	44,53	P = 24,5 / G = 23,3 W = 67	77,6 { 29 / 20,52	13,2

TABLEAU 1. — *Caractéristiques de quelques blés français (suite).*

Nom du blé	N de l'amande sur 100 gr. blé sec	N total sur 100 gr. de blé sec	N de l'enveloppe sr 100 gr. blé sec	I de gliadine ext. sur farine à 70 % provenant de 100 gr. blé sec	Rapport $\frac{N\ gliadine}{N\ total}$	Rapport $\frac{N\ gliadine}{N\ de\ l'amande}$	W. à l'extensimètre Chopin sur farine à 50 %	W. à l'extensimètre Chopin sur farine à 70 %	Humidité du blé
Ile de France.....	1,497	1,901	0,404	0,747	39,29	49,89	»	163 { 59 / 18,42	16,8
Flèche d'or.....	1,489	2,01	0,521	0,732	36,41	49,15	»	235 { 87 / 17,54	16,8
Chanteclair.....	1,468	1,830	0,362	0,626	34,2	42,64	»	133 { 57 / 16	15,1
Champjoli	1,463	2,	0,537	0,597	29,85	40,8	»	97 { 57 / 14	15,4
Kolben.....	1,446	2,073	0, 627	1.006	47,52	69,6	{ P = 29,1 / G = 22,9 W = 69,5	100 { 39 / 18,11	12,9
Goldendrop.....	1,415	1,931	0,516	0,676	35,	47,77	»	77,9 { 25 / 19,75	13,75
Wilhelmine (sélectionné).	1,400	1,948	0,548	0,799	41,01	51,62	»	65 { 37 / 15,1	14,4
Vilmorin 23 p. 3.....	1,359	1,817	0,458	0,7	38,53	51,5	»	73,5 { 34 / 18,32	14,5
Wilhelmine p. 1.....	1,331	1,809	0,478	0,654	36,15	49,13	»	63 { 30 / 17	14,99

CHAPITRE II

CULTURES EN POTS DE SABLE, ALIMENTÉS PAR DES SOLUTIONS NUTRITIVES

Influence des engrais apportés à l'état dissous sur la composition des blés et sur leur valeur boulangère.

Les expériences furent effectuées à l'air libre, mais sous un appentis recouvert de vitres dont nous donnons ci-contre la photographie.

Trente pots furent remplis d'un mélange à parties égales de sable de miroiterie et de sable ordinaire bien lavé. Cette manière de faire permettait seule d'obtenir un support suffisamment perméable, ne se tassant pas trop et ne laissant pas s'écouler trop rapidement les solutions nutritives. Ce substratum, à l'analyse chimique (attaque par l'acide azotique bouillant durant 5 h.), donnait :

Chaux	traces.
Magnésie	0,27 °/₀₀.
Potasse	0,93 °/₀₀.
Acide phosphorique	0,09 °/₀₀.

L'apport des substances nutritives par le sable était, comme on le voit, très réduit. De plus, pour éviter que la plante ne puisse assimiler les éléments nutritifs qu'elle aurait pu prendre sur les pots eux-mêmes, nous avons soigneusement paraffiné l'intérieur de ceux-ci. Chaque pot contenait 4 kg. de sable capables de retenir un volume très voisin de 880 cc. de liquide.

Le blé (1) que nous avons semé appartient à la variété « Wilhelmine » importé de Hollande, remarquable par son grand rendement mais jouissant d'une très mauvaise réputation au point de vue valeur boulangère. C'est ce dernier motif qui a déterminé notre choix; nous pensions, en effet, que l'influence des éléments des sols ou des engrais devait être maximum sur ce genre de blé.

Les solutions utilisées pour alimenter les blés ne furent pas choisies d'une façon quelconque mais telles que les éléments fertilisants N, K, P, S, Ca, Mg, Na, Cl, Si, s'y trouvaient réunis dans des rapports simples appelés rapports physiologiques. Prenant, par exemple, l'azote comme unité, les autres éléments furent choisis dans des rapports égaux à 1, 3, 6, 0,5, etc.

En 1933, les solutions nutritives que nous avions utilisées se montrèrent trop concentrées. Nous avons, en effet, assisté à une verse générale suivie d'une invasion cryptogamique par rouille brune, très préjudiciable. Les blés obtenus ne donnèrent qu'une très petite quantité de grains ridés et à peu près vides. Cependant, trois pots se comportèrent d'une façon très différente, donnèrent de très beaux blés avec grains normaux. Or, les solutions nutritives de ces trois pots ayant échappé à la verse, contenaient du chlorure de calcium. Il était intéressant de connaître le rôle que pouvait jouer cet élément dans la culture du blé. Nous avons réuni dans un chapitre annexe le résultat des observations que nous suggèrent l'emploi de ce corps dans des cultures en pots et sur champs cultivés.

A partir de 1934, nous avons opéré avec des solutions beaucoup plus diluées. Nous ne croyons pas inutile de rappeler ici la façon d'obtenir les liquides nourriciers à concentration convenable.

a) **Obtention des solutions nutritives.** — Chaque culture recevait un certain nombre d'éléments fertilisants. Plusieurs d'entre eux étaient communs à toutes les cultures. Aussi, pour simplifier les manipulations, avons-nous fait, une fois pour toutes, une

(1) Le blé de semence m'a été adressé par M. Brockema, Directeur du Centre National de sélection des Plantes à Wagemingen, Hollande, que je remercie de son aimable obligeance.

solution concentrée dite « solution mère » à partir de laquelle nous préparions les solutions secondaires diluées nécessaires à l'arrosage.

Le complément était ajouté à partir de solutions concentrées diluées convenablement au moment de l'emploi. Nous avons utilisé deux types de solutions-mères.

Voici, d'ailleurs, la manière dont nous avons opéré :

Dans nos essais nous avons réduit le nombre des cultures à 15, mais chacune était faite en double, afin d'obtenir une moyenne et d'avoir plus de grains. Chaque pot en expérience était alimenté par deux solutions distinctes. Il fallait, en effet, éviter la précipitation de phosphates insolubles qui se serait produite infailliblement si nous avions tout mélangé. Les arrosages étaient pratiqués deux fois par jour, matin et soir. Le volume des liquides donné aux plantes variait suivant la croissance et l'époque physiologique du blé. Faible au début, copieux durant sa croissance herbacée, il fut à nouveau un peu réduit vers la maturité. Nous nous sommes en cela inspiré des travaux nombreux traitant de ce problème (1).

b) **Analyse des blés obtenus sur pots de sable alimentés par des solutions nutritives.** — Nous avons dosé suivant les méthodes

---

(1) La confection des liquides d'alimentation s'obtenait comme suit : Dans un premier baricaut de 5 litres nous versions 50 cc. de solution-mère (type I ou II) et des quantités déterminées de solutions de complément $(NO^3)2$ Ca, NO^3 NH^4, $CaCl^2$, etc. On parachevait le volume à 5 litres avec de l'eau, après avoir eu soin d'ajouter 4 cc. de la solution synergique conseillée par M. G. Bertrand. Nous obtenions ainsi la solution A.

pour 10 litres

Solution-mère (type I)	
Sulfate d'ammoniaque.	4,1 grs
Sulfate Mg 7 H^2O.....	57,6
Nitrate de soude.....	4,4
Chlorure de sodium....	7,3
Sulfate de fer 7 H^2O....	4
Chlorure de zinc.....	1
Nitrate d'alumine.....	2
Chlorure de manganèse.	1

pour 10 litres

Solution-mère (type II)	
Nitrate de Na.....	4,4 grs
Chlorure de Na.....	7,3
Sulfate de fer 7 H^2O....	4
Chlorure de zinc.....	1
Nitrate d'alumine.....	2
Chlorure de manganèse.	1

analytiques exposées page 49, les éléments les plus importants : azote total, azote de l'enveloppe, azote de l'extractif à l'alcool à 70°. Dans le tableau ci-dessous on trouvera outre ces chiffres, un certain nombre de renseignements complémentaires (poids moyen d'un grain — rendement en grain) ainsi que les rapports physiologiques définissant les solutions nutritives de chaque essai.

Dans le 2e baricaut nous étendions à 5 litres les solutions de phosphate de potasse et d'ammoniaque, et le silicate de potasse nécessaires. Nous obtenions aussi la solution (B). Le schéma ci-dessous représente le mode opératoire. Nous donnons également les concentrations des solutions de complément et de la solution synergique. Le tableau suivant donne les quantités de solutions de complément exprimées en centimètres cubes et en poids qu'il est nécessaire d'ajouter pour ajuster les solutions.

Solutions de complément (en gr. par litre)		Solution synergique (en gr. par litre)	
$(NO^3)^2Ca$	41	Eau	1000
Po^4HK^2	40,1	$(SO^4)^3Fe^2$	50
No^3NH^4	59,6	$SO^4Mn\ 7\ H^2O$	2
$CaCl^2\ 6\ H^2O$	39,8	$NiCl^2\ 6\ H^2O$	0,05
$PO^4H\ (NH^4)^2$	39,4	$Cl^2CO\ 6\ H^2O$	0,05
No^3k	25,2	$(So^4)^2Ti^2$	0,200
SO^4K^2	9,9	$SO^4Zn\ 7\ H^2O$	0,100
$(NO^3)^2Mg\ 6\ H^2O$	32	$SO^4Cu\ 5\ H^2O$	0,050
$SO^4Mg\ 7\ H^2O$	35	$SO^4Gl\ 4\ H^2O$	0,100
Silicate de K	2,2	Bo^3H^3	0,050
		SO^4H^2 à 66° B	1 cc.

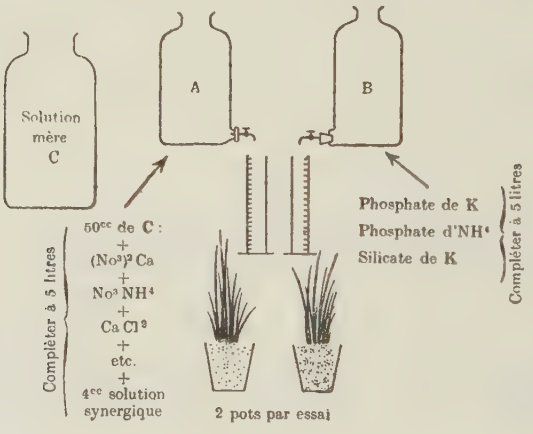


TABLEAU 2. — *Formules des solutions nutritives pour culture sur pots de sable.*

Numéro des pots			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BARICAUT A.	Solution-mère	1	50cc.	50cc.	50cc.	50cc.	50cc.	50cc.	50cc.	50cc.	50cc.	50cc.					
		2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50cc.	50cc.	50cc.	50cc.	50cc.
	$(NO^3)^2Ca$	en cc.	14,3	14,3	4,75	1,6	7,51	14,3	14,3	14,3	1,59	14,09	14,09	14,09	14,09	14,09	14,09
		en poids.	0,586	0,586	0,195	0,066	0,308	0,586	0,586	0,586	0,0665	0,578	0,578	0,578	0,578	0,578	0,578
	NO^3NH^4	en cc.	1,84	16,32	1,2	9,22	4,21	»	1,42	2,16	6,27	0,38				0,7	1,47
		en poids.	0,110	0,973	0,072	0,371	0,251	»	0,085	0,129	0,374	0,023				0,042	0,088
Compléter à 5 l.	$CaCl^2$	en cc.			12,78												
		en poids.			0,509												
	SO^4K^2	en cc.								32,92							
		en poids.								0,326							
	SO^4Mg7H^2O	en cc.											3,51	8,83	1,7	18,72	18,72
		en poids.											0,123	0,309	0,041	0,656	0,656
	$SO^4(NH^4)^2$	en cc.											2,69				
		en poids.											0,103				
	$(NO^3)^2Mg6H^2O$	en cc.												19,	3,93		
		en p.												0,608	0,126		
	NO^3K	en cc.															4,76
		en poids.															0,120
BARICAUT B. Compléter à 5 l.	PO^4HK^2	en cc.	6,88	6,88	6,88	6,88	6,88	5,27	4,39	6,98	6,85	1,14	6,73	6,73	6,73	6,73	4,21
		en poids.	0,276	0,276	0,276	0,276	0,276	0,208	0,176	0,28	0,275	0,046	0,270	0,270	0,270	0,270	0,169
	$PO^4H(NH^4)^2$	en cc.							2,03			4,41	4,54	4,54	4,54	4,54	
		en poids.							0,08			0,174	0,179	0,179	0,179	0,179	
	Silicate de K	en cc.	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
		en poids.	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485

TABLEAU 3. — *Analyse des blés récoltés sur pots et alimentés par solutions nutritives.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Poids du blé récolté (moyenne)	8g313	4,066	12,798	5,324	16,366	10,163	11,696	20,6	12,558	17,48	15,685	16,614	16,789	16,37	17,1
Poids moyen d'un grain (mmgs)	32m96	31,28	35,55	43,69	43,07	36,69	42,38	41,49	46,17	45,88	39,48	45,77	41,05	43,79	44,39
Humidité du blé.....	14,9	15,8	18	16,8	19,2	16,8	19,2	20,6	18	17	17	17,1	17	17,3	16,7
Azote total sur matière sèche.	3,2	3,827	2,817	3,399	3,049	3,23	3,217	3,147	3	2,951	2,833	3,02	2,726	2,856	3,008
Son % (extrait sur 2 gr. de blé)	32,76	45,13	27,14	29,54	29,54	32,67	30	28,2	30,74	29,35	28	27,25	30	28,54	29,35
Taux d'extraction de la farine (donnée par 2 gr. de blé)...	67,4%	54,86	72,86	70,46	70,46	67,33	70	71,8	69,26	70,65	72	72,75	70	71,46	70,65
Humidité de la farine obtenue	13,97	15,7	20,98	15,11	17,85	12,22	19,98	13,06	12,38	13,1	12,57	11,96	12,98	14,03	13,15
Azote de l'enveloppe provenant de 100 g. de blé sec..	0,438	0,565	0,418	0,605	0,415	0,504	0,519	0,511	0,495	0,404	0,472	0,388	0,388	0,423	0,403
Azote de l'amande (sur 100 g. blé sec).....	2,762	3,259	2,399	2,794	2,625	2,726	2,698	2,636	2,509	2,548	2,361	2,634	2,344	2,421	2,605
Azote de la gliadine extraite par l'alcool à 70° sur 100 g. blé sec.....	1,062	1,009	0,912	1,044	1,139	0,997	1,196	1,201	1,040	1,048	1,052	1,083	0,949	1,052	1,076
Rapport $\frac{\text{N. gliadine}}{\text{N. total du grain}}$..	38,17	26,36	32,38	40,66	37,35	30,86	37,17	38,16	34,62	35,51	37,13	35,85	34,84	36,83	35,77
Rapport $\frac{\text{N. gliadine}}{\text{N. de l'amande}}$ ..	38,45	30,95	38,01	58,84	43,39	36,57	44,33	45,56	41,45	41,13	44,55	41,11	40,48	43,45	41,30

TABLEAU 3. — *Analyse des blés récoltés sur pots et alimentés par solutions nutritives (suite).*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rapport $\frac{\text{N. gliadine}}{\text{N. gluténine}}$.....	0,66	0,448	0,61	1,44	0,77	0,577	0,8	0,84	0,7	0,704	0,8	0,69	0,68	0,769	1,07
Essai Pelsenke sur 2 gr. (gonflt rupture).....	»	»	»	»	14'5 31'4	37'40	10'4 40'	12' 35'20	10'45 33,5	10'35 28'	11'15 30'	10'2 »	10'4 »	11'1 25'15	10'45 »
Rapport physiolog. $\frac{N}{Ca}$....	1	3	1/2	6	2	1	1	1	6	1	1	1,1	1	1	1
— $\frac{N}{K}$....	1	3	1/2	1	1	5	3/2	1/2	1	3	1	1,86	1	1	1
— $\frac{N}{P}$....	3	9	1,53	3	3	3	3	5	3	3	1 2/3	1,81	1 2/3	1 2/3	3
— $\frac{N}{S}$....	3	9	1,53	3	3	3	3	1,36	3	3	3	3,2	10	1 2/3	1 2/3
— $\frac{N}{Mg}$....	5	15	2,42	5	5	5	5	5	5	5	10	1,86	6 2/3	1 2/3	1 2/3
— $\frac{N}{Na}$....	5	15	2,42	5	5	5	5	5	5	5	5	5,6	5	5	5
— $\frac{Na}{Cl}$....	5	15	0,39	5	5	5	5	5	5	5	5	5,6	5	5	5
— $\frac{N}{Si}$....	7,3	22	3,5	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	8,4	7,1	7,1	7,1

c) **Conclusions relatives aux résultats des cultures en pots de sable alimentés par solutions nutritives.** — De l'examen du dernier tableau, il ressort que les blés présentent, au point de vue chimique, des compositions assez différentes, comme l'indiquent les rapports $\frac{\text{N extractif alcool à } 70^{o}}{\text{N total du blé.}}$. Nous enregistrons également des différences importantes en teneur de l'azote total et au point de vue rendement. Il est difficile d'établir sur les résultats obtenus une classification relative à la valeur boulangère. Une comparaison avec les blés cultivés sur champ sera délicate, car la teneur en azote de ces blés alimentés par solution est d'environ une unité plus élevée que celle des blés ordinaires.

Nous laisserons de côté les blés 2 et 4 dont la croissance a été anormale par suite d'une légère verse et d'une invasion cryptogamique. Remarquons, à ce sujet, que ces deux blés *étaient alimentés par des solutions où l'azote entrait en rapport maximum par rapport au calcium* (rapport $\frac{N}{Ca} = 3$ et 6). Par ailleurs, *le blé n*° 6 *est le plus azoté*. C'est celui dont le rapport $\frac{N}{K} = 5$ est le plus élevé, c'est-à-dire où *la potasse est à dose minima par rapport à l'azote*. C'est aussi le blé qui présente l'azote de l'amande le plus élevé. Au point de vue *rendement* nous voyons que le *maximum* est obtenu *avec la solution la plus riche en potasse* (pot 8), solution se montrant d'ailleurs également la plus pauvre en acide phosphorique $\frac{N}{P} = 5$ et la plus riche en soufre $\frac{N}{S} = 1{,}36$.

A part ces remarques, l'action des différents éléments n'apparaît pas nettement. La plante alimentée par solutions nutritives semble exercer un choix qualitatif et quantitatif en rapport avec ses caractères héréditaires.

Les études précédentes nous incitent à penser que l'état physicochimique du sol peut avoir une action beaucoup plus marquée sur la composition du grain et sa qualité. C'est pour cette raison que nous avons fait une deuxième série d'essais sur pots de terre variée.

CHAPITRE III

CULTURES EN POTS, SUR TERRES VARIÉES

Nous venons de voir que les blés cultivés sur pots de sable et arrosés avec des solutions nutritives étaient très différents de ceux obtenus en culture sur champ. Il nous a semblé indispensable de nous rapprocher davantage des conditions naturelles de culture et c'est ainsi que nous avons fait une nouvelle série d'expériences, sur le même blé « Wilhelmine », dans des pots remplis de terre de provenance variée. Ces pots ont reçu une certaine quantité d'engrais appropriés à la nature du sol. Cette manière de faire nous plaçait dans des conditions aussi voisines que possible des conditions de culture normale. Elle permettait, en outre, l'élimination de l'influence du climat et des conditions atmosphériques. De plus, afin de faire la part revenant à l'action du sol et à celle relevant de la nature des engrais, nos cultures ont toutes comporté un essai sur terre vierge.

Les différentes terres utilisées n'ayant pas la même densité à cause de la finesse différente des éléments constitutifs de ces sols, les pots ont été remplis avec une dizaine de kilogrammes de terre chacun. Les pots avaient 23 cm. de profondeur, 6 dm^2 de surface moyenne et avaient été paraffinés intérieurement. Les terres, légèrement écrasées afin d'éviter la production de trop grands vides, avaient été prélevées dans des terrains qui n'avaient pas reçu d'engrais depuis de nombreuses années. Les cultures furent laissées à l'air libre, abritées cependant par une armature de grillage afin de les préserver des oiseaux.

Les terres mises en expérience provenaient :

a) de la tangue du Marais de Dol, à Cherrueix (Ille-et-Vilaine),

b) des alluvions de la Vallée de Loire à Longué (Maine-et-Loire),

c) des sables sénoniens de Briollay (Maine-et-Loire),

d) des tuffeaux de Chénehutte-les-Tuffeaux (Maine-et-Loire),

e) du calcaire jurassique de Touvre (Charente),

f) de l'argile de la Vallée de la Vilaine à Acigné (Ille-et-Vilaine),

g) de la terre silicoargileuse de la Lande d'Ouée en Saint-Aubin-du-Cormier (Ille-et-Vilaine).

---

1. **Analyses des terres.** — On trouvera ci-dessous les résultats donnés par l'analyse des terres, faite dans les conditions exposées précédemment (page 56).

TABLEAU 4. — *Tangue* (*Série A*).

Éléments totaux de la terre en g. %		Éléments dits * assimilables en g. par kg.		Éléments extractibles à l'eau (mgs par kg.)		Propriétés physiques	pH
P. au feu:	18,05%	N%	1,38	N. nitriq.	3,7		
SiO^2	49,15	CaO	145,5	Cl.	79,3	Presque dépourvue de cailloux (coquillages); élém. très fins. Retient l'eau à la surface, mais redevient perméable quand l'excès d'humidité disparaît. Cette terre n'a pas de sous-sol.	7,3
$Fe^2O^3Al^2O^3$	14,1	MgO	2,11	SO^3	214,3		
CaO	15,1	P^2O^5	1,27	P^2O^5	4		
MgO	1,02	K^2O	5,82	CaO	385		
K^2O	1,08	SO^3	0,523	MgO	100,8		
Na^2O	0,65			K^2O	65		
SO^3	0,233						
P^2O^5	0,16						

* Éléments cédés par kilogramme de terre à l'acide azotique concentré et bouillant pendant 5 heures.

TABLEAU 5. — *Alluvions (Série B).*

Éléments totaux de la terre en g. %		Éléments dits (*) assimilables en g. par kg.		Éléments extractibles à l'eau (mgs par kg.)		Propriétés physiques	pH
P. au feu :	12,55	N %	0,69	N. nitriq	3,5		
Si^3O^2	59,4	CaO	8,76	Cl	148		
$Fe^2O^3Al^2O^3$	20,95	MgO	0,66	SO^3	80,9	Très peu de cailloux siliceux. La terre présente l'aspect de petites concrétions assez dures, d'argile coagulé, assez perméable à l'eau.	6,9
CaO	2,75	P^2O^5	1,34	P^2O^5	2		
MgO	0,72	K^2O	3,65	CaO	332		
K^2O	1,49	SO^3	0,42	MgO	50,4		
Na^2O	0,75			K^2O	22		
SO^3	0.123						
P^2O^5	0,458						

TABLEAU 6. — *Sable sénonien (Série C).*

Éléments totaux de la terre en g. %		Éléments dits * assimilables en g. par kg.		Éléments extractibles à l'eau (mgs par kg.)		Propriétés physiques	pH
P. au feu	4,15	N %	1,21	Nique	8		
Si^2O	86,3	CaO	4,38	Cl	51,5		
$Fe^2O^3Al^2O^3$	3,95	MgO	1,12	SO^3	83,3	Contient très peu de graviers siliceux.	6,6
CaO	2,25	P^2O^5	1,32	P^2O^5	38		
MgO	0,273	K^2O	2,11	CaO	192,5	Cette terre est perméable.	
K^2O	1,564	SO^3	0,554	MgO	63		
Na^2O	0,52			K^2O	87		
SO^3	0,144						
P^2O^5	0,152						

* Éléments cédés par kilogramme de terre à l'acide azotique concentré et bouillant pendant 5 heures.

TABLEAU 7. — *Tuffeau (Série D).*

Éléments totaux de la terre en g. %		Éléments dits * assimilables en g. par kg.		Éléments extractibles à l'eau (mgs par kg.)		Propriétés physiques	pH
Perte au feu	13,7	N	2,16	N nitrique	7		
SiO^2	70,87	CaO	60,5	Cl	50		
$Fe^2O^3Al^2O^3$	7,77	SO^3	0,738	SO^3	119	Terre relativement fine et assez peu perméable.	7,3
CaO	8,82	P^2O^5	3,27	P^2O^5	66		
MgO	0,273	MgO	1,156	CaO	245		
K^2O	1,25	K^2O	1,39	MgO	37,8		
Na^2O	0,83			K^2O	109		
SO^3	0,126						
P^2O^5	0,382						

TABLEAU 8. — *Jurassique (Série E).*

Éléments totaux de la terre en g. %		Éléments dits * assimilables en g. par kg.		Éléments extractibles à l'eau (mgs par kg.)		Propriétés physiques	pH
Perte au feu	25,5	N	0,705	N nitrique	5,8		
SiO^2	39,55	CaO	97,45	Cl	34,1		
$Fe^2O^3Al^2O^3$	»	SO^3	0,534	SO^3	184,5	Eléments durs et grossiers de calcaire et de petites boulettes d'argile coagulé de 1 à 2 mm. de diam.	7,4
CaO	13,75	P^2O^5	0,663	P^2O^5	2		
MgO	0,522	MgO	0,685	CaO	560		
K^2O	1,53	K^2O	3,38	MgO	37,8		
Na^2O	1,37			K^2O	7,3		
SO^3	0,24						
P^2O^5	0,112						

* Éléments cédés par kilogramme de terre à l'acide azotique concentré et bouillant pendant 5 heures.

TABLEAU 9. — *Argile (Série F).*

Éléments totaux de la terre en g. %	Éléments dits * assimilables en g. par kg.	Éléments extractibles à l'eau (mgs par kg.)	Propriétés physiques	pH
Perte au feu 5,15	N. 0,83	N nitrique 1,6		
SiO^2 78,8	CaO 2,15	Cl. 52,3		
$Fe^2O^3Al^2O^3$ 11,3	SO^3 0,28	SO^3 53,55		
CaO 0,85	P^2O^5 0,709	P^2O^5 Traces		6,3
MgO 0,492	MgO 3,43	CaO 245	Très peu de refus au tamis (cailloux schisteux et petits silex; terre très imperméable.	
K^2O 1,87	K^2O 3,57	MgO 50,4		
Na^2O 0,85		K^2O 22		
SO^3 0,123				
P^2O^5 0,144				

TABLEAU 10. — *Terre silico-argileuse (Série G).*

Éléments totaux de la terre en g. %	Éléments dits * assimilables en g. par kg.	Éléments extractibles à l'eau (mgs par kg.)	Propriétés physiques	pH
Perte au feu 3,75	N 0,527	N nitrique 0g4		
SiO^2 86,10	CaO 0,228	Cl 53,5	Terre très fine, se mottant, mais très facile à écraser; elle abandonne au tamis 10, par kg., 40 g. de débris constitués par quelques silex, des grès et du sable fin. Cette terre est très imperméable.	5,8
$Fe^2O^3Al^2O^3$ 6,5	MgO 0,698	SO^3 124,9		
CaO 1	P^2O^5 0,219	P^2O5 »		
MgO 0,2925	K^2O 1,74	K^2O 22		
K^2O 1,49	SO^3 0,391	CaO Traces		
Na^2O 0,42		MgO 25,2		
SO^3 0,102				
P^2O^5 0,032				

* **Éléments cédés par kilogramme de terre à l'acide azotique concentré et bouillant pendant 5 heures.**

Si nous examinons les tableaux précédents au point de vue éléments dits assimilables, nous voyons que la terre de tangue est bien pourvue en azote, acide phosphorique, chaux et potasse. Peu perméable en saison humide, à cause de l'extrême finesse de ses éléments, elle devient au contraire extrêmement meuble dès la belle saison.

La terre d'alluvions de Loire est également riche en tous les éléments fertilisants sauf toutefois en azote. Cette terre légère est assez perméable.

Le sable sénonien est également assez riche en tous les éléments et est perméable.

La terre de tuffeau, riche en chaux, azote, acide phosphorique, n'est que médiocrement pourvue en potasse. Relativement fine, elle est assez perméable.

L'argile, pauvre en tous les éléments fertilisants, sauf en potasse, est très peu perméable.

Le Jurassique est déficient en azote et en acide phosphorique. Formé d'éléments grossiers il constitue un sol très perméable.

Quant au sol de lande, argilo-siliceux, il est particulièrement pauvre et, de plus, est très imperméable.

2. **Formules d'engrais utilisés.** — Il convient d'ajouter à ces différentes terres un certain nombre d'éléments soit pour compenser une déficience soit pour étudier l'effet de l'excès d'un de ces éléments. Les quantités d'engrais ou d'amendement à mettre par pot ont été déterminées en tenant compte de la remarque faite par M. Bellenoux. « La couche arable sur une profondeur de 30 cm. et une surface d'un hectare pèse environ 3.900 tonnes. On peut admettre que les formules d'engrais préconisées en agriculture s'adressent à ce poids de terre ».

On peut donc considérer que pour des pots de 10 kg. de terre, il faut répartir les doses d'engrais proportionnellement à ce poids.

La formule d'engrais chimique, sans fumier, préconisée par la pratique agricole, pour la culture du blé, est la suivante :

Superphosphate de chaux enfoui à l'automne.....	500 kg.	à l'hectare.
ou phosphate bicalcique pur PO^4H Ca 2aq	150 kg.	—
Sylvinite riche à 18 %.....	500 kg.	—
que nous avons remplacé par la quantité équivalente de chlorure de k correspondant à 90 kg. de potasse.....	142 kg. 65	—
Sulfate d'ammoniaque (à l'automne)....	150 kg.	—
Nitrate de soude (au printemps).....	200 kg.	—

Ce sont ces deux idées directrices qui nous ont conduit à utiliser les quantités d'engrais énoncées au tableau suivant. Ces doses ont été évaluées d'une part en kilos à l'hectare, d'autre part, en grammes par pot. Chaque série de terre a été affectée d'une lettre distinctive suivie d'un exposant. L'exposant O correspond aux essais n'ayant pas reçu d'engrais.

TABLEAU 11. — *Formules d'engrais pour culture sur pots de terres différentes.*

Désignation des pots			A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
Série A Tangue p. de 12 k	$PO^4HCa2aq$	à l'ha.	»	150 kgs	150	300	150	150	150	150
		p^r pot.		0 gr 460	0,460	0,921	0,460	0,460	0,460	0,460
	KCl	à l'ha.	»	142,65	142,65	142,65	285,3	142,65	142,65	
		p^r pot.		0,438	0,438	0,438	0,876	0,438	0,438	»
	$SO^4(NH^4)^2$	à l'ha.	»	150	150	150	150	300		150
		p^r pot.		0,460	0,460	0,460	0,460	0,921	»	0,460
	NO^3Na	à l'ha.	»	200	200	200	200	92	393,5	200
		p^r pot.		0,6156	0,6156	0,6156	0,6156	0,0283	1,2108	0,615
	CO^3Mg	à l'ha.	»	»	400	400	400	400	400	
		p^r pot.			0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	»

			B_0	B_1	B_2	B_3	B_4
Série B Alluvions p. de 10 k	$PO^4HCa2aq$	à l'ha.	»	150	300	150	150
		p^r pot.		0,384	0,768	0,384	0,384
	KCl	à l'ha.	»	142,65	142,65	285,3	285,3
		p^r pot.		0,365	0,365	0,73	0,73
	$SO^4(NH^4)^2$	à l'ha.	»	150	150	300	300
		p^r pot.		0,384	0,384	0,768	0,768
	CO^3Mg	à l'ha.	»	400	400	400	400
		p^r pot.		0,1024	0,1024	0,1024	0,1024
	NO^3Na	à l'ha.	»	200	200	9,2	9,2
		p^r pot.		0,513	0,513	0,023	0,023
	CO^3Ca	à l'ha.	»	»		»	1,000
		p^r pot.					2,564

TABLEAU 11. — *Formules d'engrais pour culture sur pots de terres différentes (suite).*

Désignation des pots		C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5			
Série C Sable Sénonien p. de 10 k	$PO^4HCa2aq$ à l'ha.	»	150	150	300	300	150			
	p^r pot.		0,384	0,384	0,768	0,768	0,384			
	KCl à l'ha.	»	142,65	142,65	285,3	285,3	142,65			
	p^r pot.		0,365	0,365	0,73	0,73	0,365			
	$SO^4(NH^4)^2$ à l'ha.	»	150	»	150	150	»			
	p^r pot.		0,384		0,384	0,384				
	NO^3Na à l'ha.	»	200	393,5	200	200	9,2			
	p^r pot.		0,513	1,009	0,513	0,513	0,0236			
	SO^4Ca à l'ha.	»	»	154,28	»	»	»			
	p^r pot.			0,3956						
	CO^3Mg à l'ha.	»	»	400	400	»	400			
	p^r pot.			0,1024	0,1024		0,1024			
	CO^3Ca à l'ha.	»	»	»	5,000	10,000	10,000			
	p^r pot.				12,82	25,64	25,64			

		D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6		
Série D Tuffeau p. de 9 k	$PO^4HCa2aq$ à l'ha.	»	150	150	150	150	150	150		
	p^r pot.		0,3456	0,3456	1,0368	0,3456	0,3456	0,3456		
	KCl à l'ha.	»	142,65	142,65	142,65	427,95	»	142,65		
	p^r pot.		0,3285	0,3285	0,3285	0,9855		0,3285		
	$SO^4(NH^4)^2$ à l'ha.	»	150	150	150	150	173,55	150		
	p^r pot.		0,3456	0,3456	0,3456	0,3456	0,4005	0,3456		
	NO^3Na à l'ha.	»	200	200	200	200	200	985,53		
	p^r pot.		0,4617	0,4617	0,4617	0,4617	0,4617	2,274		
	CO^3Mg à l'ha.	»	»	»	400	400	400	400		
	p^r pot.				0,0921	0,0921	0,0921	0,0921		
	SO^4K^2 à l'ha.	»	»	»	»	»	166,5	»		
	p^r pot.						0,3835			

TABLEAU 11. — *Formules d'engrais pour culture sur pots de terres différentes (suite).*

Désignation des pots			E_0	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6		
Série E Jurassiq. p. de 10 k	$PO^4HCa2aq$	à l'ha.	»	150	150	300	150	150	150		
		p^r pot.		0,384	0,384	0,768	0,384	0,384	0,384		
	KCl	à l'ha.	»	142,65	142,65	142,65	285,3	142,65	142,65		
		p^r pot.		0,365	0,365	0,365	0,73	0,365	0,365		
	$SO^4(NH^4)^2$	à l'ha.	»	150	150	150	150	300	150		
		p^r pot.		0,384	0,384	0,384	0,384	0,768	0,384		
	NO^3Na	à l'ha.	»	200	200	200	200	9,2	592,87		
		p^r pot.		0,513	0,513	0,513	0,513	0,0236	1,52		
	CO^3Mg	à l'ha.	»	»	400	400	400	400	400		
		p^r pot.			0,1024	0,1024	0,1024	0,1024	0,1024		

			F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
Série F Argile p. de 9 k	$PO^4HCa2aq$	à l'ha.	»	150	150	150	150	300	300	300	300
		p^r pot.		0,3456	0,3456	0,3456	0,3456	0,6912	0,6912	0,6912	0,6912
	$SO^4(NH^4)^2$	à l'ha.	»	150	150	150	150	»	150	150	150
		p^r pot.		0,3456	0,3456	0,3456	0,3456		0,3456	0,3456	0,3456
	NO^3Na	à l'ha.	»	200	200	200	200	393,5	393,5	393,5	393,5
		p^r pot.		0,4617	0,4617	0,4617	0,4617	0,908	0,908	0,908	0,908
	KCl	à l'ha.	»	»	142,65	142,65	142,65	300	142,65	142,65	142,65
		p^r pot.			0,3285	0,3285	0,3285	0,657	0,3285	0,3285	0,3285

TABLEAU 11. — *Formules d'engrais pour culture sur pots de terres différentes (suite).*

Désignation des pots			F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
Série F **Argile** p. de 9 k	SO^4Ca	à l'ha.	»	»	»	1,000	»	»	1,000	1,000	1,000
		p^r pot.				2,309			2,309	2,309	2,309
	CO^3Ca	à l'ha.	»	»	»	»	2,000	2,000	1,000	1,000	1,000
		p^{r}pot.					4,6188	4,6188	2,309	2,309	2,309
	CO^3Mg	à l'ha.	»	»	»	»	»	»	»	400	400
		p^r pot.								0,092	0,092

			G_0	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
Série G **Silico argileux** p. de 9 k	$PO^4HCa2aq$	à l'ha.	»	150	300	150	150	150	300
		p^r pot.		0,3456	0,69	0,3456	0,3456	0,3456	0,69
	KCl	à l'ha.	»	142,65	285,3	142,65	142,65	142,65	285,3
		p^r pot.		0,3285	0,657	0,3285	0,3285	0,3285	0,657
	$SO^4(NH^4)^2$	à l'ha.	»	150	300	»	»	300	150
		p^r pot.		0,3456	0,69			0,69	0,345
	NO^3Na	à l'ha.	»	200	400	393,5	393,5	400	200
		p^r pot.		0,4617	0,923	0,908	0,908	0,923	0,4617
	SO^4Ca	à l'ha.	»	»	»	154,25	1,000	»	»
		p^r pot.				0,356	2,309		
	CO^3Mg	à l'ha.	»	»	»	400	400	400	400
		p^r pot.				0,092	0,092	0,092	0,092
	CO^3Ca	à l'ha.	»	»	»	»	»	1,000	5,000
		p^r pot.						2,309	11,538

3. **Analyses des blés.** — Nous avons effectué pour chaque série d'essais les analyses des grains obtenus. Nous donnons les résultats dans les tableaux suivants. Dans chacun de ces relevés, nous avons fait figurer les engrais ajoutés, pour aider l'examen de ces nombreux chiffres. A la suite des résultats de chaque série nous avons ajouté de courtes remarques sur les chiffres obtenus.

TABLEAU 12. — *Analyse des blés de la série A : Culture sur pots de tangue.*

	Série et N° du pot	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
ANALYSE DU BLÉ	Poids du blé récolté	7g25	10	11,5	10,7	14	6,8	10,7	10,2
	Poids moyen d'un grain	32mg13	34,28	35,59	34,67	40,46	31,94	33,06	37,01
	Humidité du blé	14%	16,5	14,1	13,6	17	14,2	14,6	13,6
	Azote total sec du blé	2,45%	2,81	2,36	2,446	2,445	2,251	1,934	1,895
	Azote de l'enveloppe sèche	0,651%	0,754	0,618	0,607	0,522	0,539	0,540	0,518
	Taux d'extraction	70,86%	72,66	71,4	70,4	68,6	70,6	70,1	78,15
	Azote de la gliadine (N. extr. alcool à 70°)	0,876%	1,008	0,775	0,961	0,786	0,817	0,566	0,709
	Azote de l'amande	1,799%	2,056	1,742	1,839	1,923	1,712	1,394	1,377
	Azote de la Gluténine (Az. amande — Az. extractif)	0,923%	1,048	0,967	0,878	1,137	0,895	0,828	0,668
	Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. de l'amande}}$	48,68%	49	44,48	52,25	40,88	47,72	40,60	51,49
	Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. total}}$	35,75%	35,8	32,83	39,28	32,14	36,29	29,26	37,41
	Poids de terre par pot	12 kgs	12	12	12	12	12	12	12
	Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. gluténine}}$	0,95	0,97	0,8	1,1	0,69	0,91	0,89	1,06
	Essai à la méthode Pelsenke	»	»	12'55 19'55	13'25 22'15	15'45 41'40	14'20 30'20	15'35 28'	»
	Coefficient de panification	63,4	62,5	53,3	56,1	50,18	48,62	58,98	57.35

TABLEAU 12. — *Analyse de blés de la série A : Culture sur pots de tangue (suite).*

Série et N° du pot		A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
ENGRAIS REÇU	Phosphate de calcium	»	0,460	0,460	0,9216	0,460	0,460	0,460	0,460
	Chlorure de potassium	»	0,438	0,438	0,438	0,876	0,438	0,438	»
	Sulfate d'ammoniaque	»	0,460	0,460	0,4608	0,4608	0,921	»	0,460
	Nitrate de soude	»	0,6156	0,6156	0,6156	0,615	0,028	1,2108	0,6151
	Carbonate de magnésium	»	»	0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	0,1228	»
	Carbonate de calcium	»	»	»	»	»	»	»	»
	Sulfate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»
	Sulfate de potassium	»	»	»	»	»	»	»	»

Dans la série Cherrueix, sur terre de tangue, nous voyons des variations assez grandes de la teneur en azote (chiffres extrêmes : 1,895-2,81) et par suite, des variations de l'azote de l'amande, et des rapports $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{N. total}}$. *Le blé le plus azoté* au point de vue amande est le A_1 correspondant à une *fumure équilibrée normale. L'azote de l'amande le plus faible a été obtenu avec la fumure normale, mais où l'on a supprimé totalement le sulfate d'ammoniaque pour le remplacer par un excès de nitrate de Na.* Au point de vue *rendement*, la meilleure formule s'est trouvée réalisée dans l'essai A_4, où *l'on a doublé la dose de potasse.* Le rendement minimum donné par l'essai A_5 est celui où $SO^4(NH^4)^2$ a remplacé complètement le nitrate.

Remarquons que le blé sur terre vierge a donné un meilleur rendement que dans l'essai A_5 qui n'a reçu que du sulfate d'NH^4.

TABLEAU 13. — *Analyse des blés de la série B : Culture sur pots de terre d'alluvions.*

Série et N° du pot	B_0	B_1	B_2	B_3	B_4
Poids de blé récolté	5g.	9g.9	11,5	7	8,25
Poids moyen d'un grain	28 mg 13	29,93	30	28,47	26,6
Humidité du blé	13 %	13,7	12,7	12,9	13
Azote total sec	1,947	2,092	1,94	2,371	2,52
Azote de l'enveloppe sèche	0,418	0,437	0,433	0,498	0,498
Taux d'extraction	70 %	68,26	71,6	71,93	68,06
Azote de la gliadine	0,6	0,699	0,673	0,739	0,817
Azote de l'amande	1,529	1,655	1,507	1,833	2,022
Azote de la gluténine	0,929	0,956	0,834	1,134	1,205
Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. de l'amande}}$	39,20	42,23	44,63	39,45	40,40
Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. total}}$	30,81	33,41	34,68	31,16	32,42
Poids de terre par pot	10 kgs	10	10	10	10
Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. gluténine}}$	0,64	0,73	0,97	0,65	0,69

TABLEAU 13. — *Analyse des blés de la série B : Culture sur pots de terre d'alluvions (suite).*

Série et N° du pot	B_0	B_1	B_2	B_3	B_4
Essai Pelsenke	»	13'3 28'15	11'4 26'30	11'4 20'5	12'55 24'45
Coefficient de panification	51,88	53,37	58,99	63,51	65,81
Phosphate de calcium	»	0,384	0,768	0,384	0,384
Chlorure de potassium	»	0,365	0,365	0,73	0,73
Sulfate d'ammoniaque	»	0,384	0,384	0,768	0,768
Nitrate de soude	»	0,513	0,513	0,0236	0,0236
Carbonate de magnésie	»	0,1024	0,1024	0,1024	0,1024
Carbonate de calcium	»	»	»	»	2,564
Sulfate de chaux	»	»	»	»	»
Sulfate de potassium	»	»	»	»	»

Nous remarquons encore ici une variation assez sensible de la teneur en azote total. Le rapport $\frac{\text{N. gliadine}}{\text{N. total}}$ varie cependant dans de moins grandes proportions que dans la série A.

Le blé le plus azoté (azote de l'amande) correspond à l'essai B_4 où *l'on a doublé la dose de potasse, remplacé le nitrate par du sulfate d'ammoniaque et ajouté du carbonate de chaux comme amendement.*

Le blé le moins azoté correspond à la formule B_2 à dose double de P^2O^5. Par contre, c'est ce pot qui a donné le *meilleur rendement.* Le *rendement* minimum est donné par la terre vierge.

TABLEAU 14. — *Analyse des blés de la série C : Culture sur pots de sable sénonien.*

Série et N° du pot	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Poids du blé récolté	2g8	6	7	10,5	4,8	4,5
Poids moyen d'un grain	23mg08	30,88	32,21	30,66	29,28	26,6
Humidité du blé	13,6 %	13,8	13,5	13,6	13,5	12,7
Azote total sec du blé	2,754	1,916	1,877	2,592	2,007	2,132
Azote de l'enveloppe sèche	0,680	0,373	0,380	0,696	0,372	0,360
Taux d'extraction	61,2 %	71,46	71,15	68,86	70	59,53
Azote de la gliadine	0,79	0,614	0,522	0,862	0,604	0,610
Azote de l'amande	2,074	1,543	1,497	1,896	1,635	1,782
Azote de la gluténine	1,284	0,929	0,975	1,034	1,031	1,172
Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. de l'amande}}$	38,1	39,78	34,87	45,46	36,94	32,54
Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. total}}$	28,68	37,26	27,85	33,25	30,08	28,61
Poids de terre par pot	10 kgs	10	10	10	10	10
Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. gluténine}}$	0,61 %	0,66	0,53	0,84	0,59	0,52

TABLEAU 14. — *Analyse des blés de la série C : Culture sur pots de sable sénonien (suite).*

Série et N° du pot	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Essai Pelsenke	»	21'20 33'20	»	10'3 24'	»	»
Coefficient de panification	52,99	58,99	58,99	58,04	50,18	
Phosphate de calcium	»	0,384	0,384	0,768	0,768	0,384
Chlorure de potassium	»	0,365	0,365	0,73	0,730	0,365
Sulfate d'ammoniaque	»	0,384	»	0,384	0,384	0,768
Nitrate de soude	»	0,513	1,009	0,513	0,513	0,0236
Carbonate de magnésium	»	»	0,1024	0,1024	»	0,1024
Sulfate de calcium	»	»	0,395	»	»	»
Carbonate de chaux	»	»	»	12,82	25,64	25,64

Le sable sénonien a encore donné des blés dont la teneur en azote total et azote de l'amande ont subi d'assez grosses variations. *Le blé le plus azoté,* mais à plus faible *rendement,* est celui poussé sur terre vierge (C_0). *Le blé le moins azoté* (C_2) est celui qui, d'autre part, n'a *pas reçu de sulfate d'ammoniaque, celui-ci ayant été remplacé par un excès de nitrate*; c'est aussi celui qui, seul dans sa série, a reçu du *sulfate de calcium* comme amendement.

Le rendement maximum obtenu par C_3 correspond à un *apport doublé en* P^2O^5 et KCl *avec addition de carbonate de chaux comme amendement,* ainsi que d'une petite quantité de carbonate de magnésie. L'introduction d'un trop grand excès de carbonate de chaux paraît préjudiciable au point de vue rendement (essai C_4 comparé à l'essai C_3).

TABLEAU 15. — *Analyse des blés de la série D : Culture sur pots de tuffeau.*

Série et N° du pot	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6
Poids du blé récolté	4 g 5	8,5	6,75	8	7,5	8	12,25
Poids moyen d'un grain	27 mg 91	31,64	28,76	27,97	31,05	29,88	30,8
Humidité du blé	13,5 %	12,8	12,4	13,2	12,2	13	13,1
Azote total sec du blé	2,379	1,894	1,949	2,016	2,376	2,204	2,287
Azote de l'enveloppe sèche	0,436	0,337	0,383	0,387	0,382	0,466	0,499
Taux d'extraction	68 %	69	71,93	67,2	70,95	70,86	70,33
Azote de la gliadine	0,79	0,59	0,613	0,592	0,829	0,729	0,846
Azote de l'amande	1,943	1,557	1,566	1,629	1,994	1,738	1,788
Azote de la gluténine	1,151	0,967	0,953	1,037	1,165	1,009	0,942
Rapport : $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote de l'amande}}$	40,75	37,89	39,14	36,34	41,57	41,94	47,31
Rapport : $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote total}}$	39,29	31,15	31,45	29,36	34,88	33,07	37,42
Poids de terre par pot	9 kgs	9	9	9	9	9	9

TABLEAU 15. — *Analyse des blés de la série D : Culture sur pots de tuffeau (suite).*

Série et N° du pot	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6
Rapport : $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote gluténine}}$	0,68	0,61	0,61	0,57	0,72	0,72	0,9
Essai Pelsenke	»	11'45 26'55	12' 36'	12'35 22'5	11'3 25'	10'25 29'35	11'3 25'3
Coefficient de panification	52,99	58,99	58,99	58,04	50,18	53,36	63,41
Phosphate de calcium	»	0,345	0,345	1,036	0,345	0,345	0,345
Chlorure de potassium	»	0,328	0,328	0,328	0,985	»	0,328
Sulfate d'ammoniaque	»	0,345	0,345	0,345	0,345	0,400	0,345
Nitrate de soude	»	0,461	0,461	0,461	0,461	0,461	2,274
Carbonate de magnésie	»	»	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092
Sulfate de potasse	»	»	»	»	»	0,383	»

Dans la série Tuffeau, l'azote total admet des différences (1,894 à 2,379), l'azote de l'amande également (1,557 - 1,994). Le *blé le plus azoté au point de vue amande* est le D_4 correspondant à une *double dose de potasse*. Le *moins azoté est* D_1, *correspondant à la formule d'engrais normalement équilibrée.*

Le rendement minimum est donné par la terre vierge, le *maximum* étant produit dans l'essai D_6 par un très fort apport de *nitrate de soude.*

TABLEAU 16. — *Analyse des blés de la série E : Culture sur pots de terre calcaire jurassique.*

Série et N° du pot	E_0	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6
Poids du blé récolté.....	3 g 75	7,3	7,25	7,25	10,5	5	8
Poids moyen d'un grain.....	21 mg 7	30,09	28,58	26,84	31,65	28,32	25,66
Humidité du blé.....	13,3 %	13,8	12,8	12,9	14,7	13,4	12,5
Azote total sec du blé.....	2,5 %	2,143	2,183	1,880	2,338	2,107	2,72
Azote de l'enveloppe sèche.....	0,387	0,372	0,481	0,353	0,393	0,388	0,448
Taux d'extraction.....	63,16 %	70,86	74,26	67,2	73	71,46	68,93
Azote de la gliadine.....	0,816	0,721	0,842	0,576	0,878	1,047	0,823
Azote de l'amande.....	2,116	1,771	1,702	1,527	1,945	1,819	2,272
Azote de la gluténine.....	1.3	1.050	0,860	0,951	1,067	0,772	1,449
Rapport : $\frac{\text{Azote gliadine}}{\text{Azote de l'amande}}$.....	38,56	40,71	49,47	37,58	45,14	57,56	36,21
Rapport : $\frac{\text{Azote gliadine}}{\text{Azote total}}$.....	32,20	33,69	39,39	30,64	37,54	49,68	30,25

TABLEAU 16. — *Analyse des blés de la série E : Culture sur pots de terre calcaire jurassique* (suite)

Série et N° du pot	E_0	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6
Poids de terre par pot.....	10 kg	10	10	10	10	10	10
Rapport : $\frac{\text{Azote gliadine}}{\text{Azote gluténine}}$.....	0,62	0,68	0,98	0,60	0,82	0,57	0,56
Essai Pelsenke.....	»	11'45 20'45	»	11' 21'30	12'15 35'	»	17'45 39'45
Coefficient de panification.....	63,51	53,36	54,59	58,99	52,99		67,44
Phosphate de calcium.....	»	0,384	0,384	0,768	0,384	0,384	0,384
Chlorure de potassium.....	»	0,365	0,365	0,365	0,730	0,365	0,365
Sulfate d'ammoniaque.....	»	0,384	0,384	0,384	0,384	0,768	0,384
Nitrate de soude.....	»	0,513	0,513	0,513	0,513	0,023	1,52
Carbonate de magnésie.....	»	»	0,1024	0,1024	0,1024	0,1024	0,1024

Grosses variations également dans cette série quant aux teneurs en azote total et de l'amande. Le *blé le plus azoté* au point de vue amande est celui de l'essai E_6 à dose *double de nitrate de soude*. Le moins azoté (E_3) *correspond à une dose double en acide phosphorique*. Le rendement minimum est obtenu avec la terre vierge, le *maximum* l'est dans l'essai E_4 à *double dose de potasse*.

TABLEAU 17. — *Analyse des blés de la série F : Culture sur pots de terre argileuse.*

Série et N° du pot	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
Poids du blé récolté.....	4 g 3	7,25	9,25	7	6,8	8	8,9	4,8	6,75
Poids moyen d'un grain.....	22 mg 2	28,18	31,27	29,63	27,63	27,08	25,9	26,44	28,19
Humidité du blé.....	16,1 %	16,4	15,2	16	15,5	14,5	14,8	14,7	14,6
Azote total sec du blé.....	2,169	1,722	1,915	1,550	2,118	1,941	1,955	1,922	2,224
Azote de l'enveloppe sèche.....	0,467	0,385	0,412	0,333	0,348	0,458	0,493	0,492	0,5
Taux d'extraction.....	69,66	72,46	73,53	72,2	72,86	70	72,4	73,53	75,73
Azote de la gliadine.....	0,465	0,388	0,469	0,408	0,482	0,458	0,475	0,482	0,506
Azote de l'amande.....	1,702	1,337	1,503	1,217	1,770	1,483	1,462	1,430	1,724
Azote de la gluténine	1,237	0,949	1,034	0,816	1,288	1,025	0,987	0,918	1,218
Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. de l'amande}}$	27,32	29,02	31,2	33,95	27,23	30,88	32,49	33,7	29,35
Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. total}}$	21,43	22,53	24,48	25,87	22,75	23,59	23,78	25,09	22,75
Poids de terre par pot.....	9 kg	9	9	9	9	9	9	9	9
Rapport : $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. gluténine}}$	0,37	0,41	0,45	0,5	0,37	0,48	0,51	0,41	0,41

TABLEAU 17. — *Analyse des blés de la série F : Culture sur pots de terre argileuse (suite).*

Série et N° du pot	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
Essai Pelsenke.....	»	12'5 30'30	13'55 35'55	13'5 34'15	13'15 35'5	»	12'25 27'50	13'15 26'25	»
Coefficient de panification.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Phosphate de calcium.....	»	0,345	0,345	0,345	0,345	0,691	0,691	0,691	0,691
Chlorure de potassium.....	»	»	0,328	0,328	0,328	0,657	0,328	0,328	0,328
Sulfate d'ammoniaque.....	»	0,345	0,345	0,345	0,345	»	0,345	0,345	0,345
Nitrate de soude.....	»	0,461	0,461	0,461	0,461	0,908	0,908	0,908	0,908
Carbonate de magnésie.....	»	»	»	»	»	»	»	0,092	0,092
Sulfate de calcium.....	»	»	»	2,309	»	»	2,309	2,309	2,309
Carbonate de calcium.....	»	»	»	»	4,619	4,619	2,309	2,309	2,309

La teneur en azote total et de l'amande, les chiffres du rapport $\frac{\text{N. gliadine}}{\text{N. total}}$ sont un peu plus constants dans cette série. Le blé donnant l'*amande la plus azotée* est celui de l'essai F_4 correspond à *une fumure normale bien équilibrée, mais à laquelle on a joint du carbonate de chaux comme amendement.* Le *blé le moins riche en azote de l'amande* est le F_3 ayant reçu la fumure normale, plus un apport de *sulfate de chaux.*

Le rendement minimum est donné par *la terre vierge.* La *récolte maximum* a été obtenue par contre dans l'essai F_2 correspondant à *la fumure normale bien équilibrée.*

TABLEAU 18. — *Analyse des blés de la série G : Culture sur pots de terre silico-argileuse.*

Série et N° du pot	G_0	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
Poids de blé récolté.....	1 g 6	0,187	0,585	0,287	0,373	4,7	9,357
Poids moyen d'un grain.....	25 mg 97	15,5	18,3	15,9	19,6	27,27	30,97
Humidité du blé.....	15 %	15,5	13,25	15,9	15,05	12,8	13,2
Azote total sec du blé.....	2,682	»	»	»	»	2,793	2,224
Azote de l'enveloppe sèche.....	0,492	»	»	»	»	0,433	0,459
Taux d'extraction.....	67,2	»	»	»	»	63,93	69,26
Azote de la gliadine.....	0,914	»	»	»	»	0.985	0,968
Azote de l'amande.....	2,19	»	»	»	»	2,36	1,765
Azote de la gluténine.....	1,276	»	»	»	»	1,375	0,797
Rapport : $\frac{\text{Azote gliadine}}{\text{Azote de l'amande}}$	41,73	»	»	»	»	41,73	54,84
Rapport : $\frac{\text{Azote gliadine}}{\text{Azote total}}$	34,09	»	»	»	»	35,26	43,52
Poids de terre par pot.....	9 kg	9	9	9	9	9	9

TABLEAU 18. — *Analyse des blés de la série G : Culture sur pots de terre silico-argileuse (suite).*

Série et N° du pot	G_0	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6
Rapport : $\frac{\text{Azote gliadine}}{\text{Azote gluténine}}$	0,72	»	»	»	»	0,72	1,22
Essai Pelsenke.....	»	»	»	»	»	»	10'15 26'25
Coefficient de panification.....	»	»	»	»	»	»	»
Phosphate de calcium.....	»	0,345	0,690	0,345	0,345	0,345	0,690
Chlorure de potassium.....	»	0,328	0,657	0,328	0,328	0,328	0,657
Sulfate d'ammoniaque.....	»	0,345	0,690	»	»	0,690	0,3456
Nitrate de soude.....	»	0,461	0,923	0,908	0,908	0,923	0,461
Carbonate de magnésie.....	»	»	»	0,092	0,921	0,091	0,091
Sulfate de calcium.....	»	»	»	0,356	2,309	»	»
Carbonate de calcium.....	»	»	»	»	»	2,309	11,538

Dans cette série, nous avions une terre presque stérile. Nous ne pouvons que signaler l'action fertilisante remarquable exercée par le carbonate de chaux à très grosse dose. Cet amendement a permis d'obtenir un bon rendement moyen, les blés des autres essais étant absolument misérables.

4. **Conclusions.** — En conclusion nous pouvons dire :

1° Que le rendement maximum est déterminé soit par un excès de potasse (tangue-jurassique), soit par un apport supplémentaire d'acide phosphorique (alluvions de Loire et sable sénonien). Il peut l'être également par un très fort apport de nitrate de Na, dans une terre comme le tuffeau, ou par la formule d'engrais normale bien équilibrée, dans les terres particulièrement imperméables telle l'argile;

2° Le rendement minimum est en général fourni par les terres vierges et pour la tangue, terre particulièrement fertile, par le remplacement complet du nitrate de soude par le sulfate d'ammoniaque. Cette terre très imperméable ne profite pas de ce dernier engrais pour peu que la saison pluvieuse se prolonge.

Il est logique de penser que par suite des pluies prolongées l'azote ammoniacal s'est mal nitrifié et qu'il l'a fait ensuite trop tard, ainsi qu'il ressort des travaux de Demolon sur l'utilisation de l'N.

3° Enfin, les blés les plus azotés sont obtenus avec les formules normales, bien équilibrées, complétées au besoin par un amendement calcaire, dans les terres fortes, imperméables (tangue, argile). Dans les terres assez perméables (tuffeau, alluvions) une double dose de potasse donne des blés riches en azote, à condition toutefois que l'action de l'azote puisse être progressive, c'est-à-dire quand cette fumure est, au moins partiellement, donnée sous forme de sulfate d'ammoniaque. Enfin, dans un terrain particulièrement calcaire, c'est l'excès de nitrate de Na qui a donné le blé le plus azoté (Jurassique).

---

5. **Eléments fertilisants enlevés par le blé « Wilhelmine » à un poids déterminé de terre.** — Il était intéressant d'évaluer les quantités d'éléments fertilisants que le blé pouvait enlever aux différentes terres. Nous avons là un moyen précis pour

évaluer les éléments assimilables des différents sols. On peut définir également par cette méthode la capacité de la plante à profiter des engrais dans chaque espèce de terre.

De plus, au point de vue aptitude à la panification, l'influence de la minéralisation du grain peut être très importante. Nous avons dosé, d'une part sur la récolte donnée par les pots de terre vierge, d'autre part sur la moyenne des blés donnée par les essais de chaque série, la plupart des éléments fertilisants, sauf l'azote.

Nos résultats sont consignés dans le tableau suivant. Les chiffres ont été établis en donnant le poids d'éléments enlevés par 10 tiges de blé à un poids de terre égal à 10 kgs.

TABLEAU 19. — *Eléments enlevés à 10 kgs de terre par 10 pieds de blé.*

Désignation des pots	Hauteur moyenne des tiges (1)	Longueur des racines	SiO^2	CaO	MgO	K^2O	Na^2O	P^2O^5	SO^3
A^0 (Tangue)	80 cm	20	0g424	0,033	0,0159	0,176	0,039	0,0524	0,0323
A^1 à A^7	85	20	0,675	0,033	0,0132	0,188	0,032	0,0495	0,035
B^0 (Alluvions de Loire)	70	15	0,4998	0,014	0,011	0,1134	0,0218	0,03	0,029
B^1 à B^4	75	15	0,296	0,0462	0,0203	0,175	0,043	0,0486	0,043
C^0 (Sable sénonien)	70	30	0,523	0,027	0,0155	0,1587	0,0703	0,049	0,037
C^1 à C^5	79	30	0,595	0,033	0,0218	0,202	0,017	0,058	0,0428
D^0 (Tuffeau)	73	15	0,651	0,025	0,0125	0,135	0,042	0,05	0,033
D^1 à D^6	80,5	15	0,642	0,0336	0,0271	0,212	0,022	0,0712	0,0369
E^0 (Jurassique)	85	25	0,279	0,0396	0,0117	0,149	0,058	0,0325	0,0376
E^1 à E^6	85	30	0,319	0,0332	0,017	0,140	0,017	0,0328	0,0343
F^0 (Argile)	74	20	0,206	0,033	0,016	0,194	0,014	0,033	0,0338
F^1 à F^8	75	13 à 17 mm	0,365	0,0136	0,015	0,099	0,010	0,036	0,0204
G^0 (Silicc-argileux)	45	12	0,101	0,0265	0,0035	0,118	0,0175	0,024	0,0276
G^1 à G^6	53	10	0,224	0,023	0,0128	0,236	0,0112	0,0336	0,0327

Les dosages de chaque série ont été effectués, d'une part, sur le blé provenant du pot de terre sans engrais, d'autre part, sur l'ensemble des blés cultivés avec engrais, ce qui donne une moyenne.

Si l'on additionne les éléments fertilisants enlevés par 10 tiges de blés sur pots de 10 kgs de terre on trouve les chiffres suivants :

	Terre vierge	Terre avec engrais (moyenne)
Série A (tangue)	0,7726	1,0257
Série B (all. de Loire)	0,719	0,676
Série C (sable sénonien)	0,8805	0,9696
Série D (tuffeau)	0,9485	1,0448
Série E (jurassique)	0,5874	0,5933
Série F (argile)	0,5298	0,559
Série G (argilo-silice)	0,3231	0,5755

Sauf pour la terre d'alluvion de Loire, nous voyons que les engrais déterminent une très légère augmentation de la minéralisation totale du plant du blé.

Si nous ne tenons pas compte de la silice, le tableau se modifie comme suit :

	Terre vierge	Terre avec engrais (moyenne)
Série A (tangue)	0,3486	0,3407
Série B (all. de Loire)	0,219	0,380
Série C (sable sénonien)	0,3575	0,3746
Série D (tuffeau)	0,3975	0,4028
Série E (jurassique)	0,308	0,2863
Série F (argile)	0,3238	0,194
Série G (argilo-silice)	0,222	0,351

On remarque la fixité de la quantité d'éléments fertilisants enlevés (silice exempte) (0,308 à 0,397). Deux terres se sont comportées différemment : les alluvions de Loire et la terre de Lande. Les blés cultivés sur ces deux terres bénéficient fortement, au point de vue minéralisation, d'un apport d'engrais. Ceux qui sont cultivés sur les autres terres n'augmentent pas leur minéralisation ou, au contraire [et en particulier sur argile], la voient diminuer. On ne trouve pas de corrélation étroite entre la minéralisation et le rendement en grains.

En conclusion nous pouvons dire que, quelle que soit la fumure, la plante exerce un choix et n'absorbe que ce qui lui convient.

CHAPITRE IV

ESSAI DE CULTURE EN PLEIN CHAMP (ANNÉES 1935-1936)

Notre premier soin a été de choisir et de limiter les terrains sur lesquels nous allions procéder à des essais. A cet effet, nous avons éliminé deux sols que la culture en pot nous avait montrés comme peu intéressants. Ils sont peu étendus parmi les terrains cultivés en France, ce sont : *a*) la terre silico-argileuse de la Lande d'Ouée, presque stérile; *b*) le sable sénonien. Nous avons retenu six terrains de nature assez voisine deux à deux, mais soumis à des climats différents.

C'est ainsi qu'ont été choisis le tuffeau de Denizé-sous-Doué (Maine-et-Loire) et le jurassique de Touvre (Charente), qui sont calcaires; les alluvions de la Bohalle (Maine-et-Loire) qui ont quelque analogie avec la tangue du marais de Dol (Ille-et-Vilaine), enfin le sol argileux de Beaupréau, dans le Choletais (Maine-et-Loire), et celui d'Acigné (Ille-et-Vilaine) qui appartiennent aux terrains primaires du Massif armoricain.

Ces essais de culture ont été tous conduits de la même façon. Un terrain de 250 m^2, aussi vierge d'engrais que possible, c'est-à-dire n'ayant reçu aucune fumure depuis plusieurs années, fut divisé en 5 parcelles égales de 50 m^2 chacune. Chaque parcelle numérotée (de 1 à 30) a reçu, en temps opportun, semences et engrais. La magnésie était étendue 10 jours avant les autres engrais, pour les parcelles qui en recevaient; les nitrates furent épandus au printemps. L'ensemencement de chaque parcelle fut effectué avec 5 kgs de blé « Wilhelmine » sélectionné importé directement de Hollande.

A. — ENGRAIS UTILISÉS

Comme pour les cultures en pots, sur chacune des parcelles, nous avons procédé à un apport d'engrais dont les formules ont été établies suivant les usages locaux, corrigés par des amendements tels que la magnésie, le sulfate de chaux, le carbonate de chaux, quand nous jugions cette pratique nécessaire ou intéressante à essayer. Dans ces formules, nous avons fait varier les éléments fertilisants, en doublant par exemple la teneur de l'un d'eux. Une des parcelles de chaque série, ne recevant aucun apport, servait de témoin et nous a permis ainsi d'étudier le rôle joué par le sol.

L'impossibilité de fixer d'une façon indiscutable la part revenant aux éléments assimilables des terres nous a empêché d'utiliser les engrais à des doses où les éléments fertilisants se seraient trouvés dans des rapports physiologiques simples. D'ailleurs, notre but n'était pas d'étudier l'action de fumures particulièrement déséquilibrées sur les qualités boulangères des blés. Nous nous sommes placés aussi près que possible des pratiques culturales classiques. Ci-dessous on trouvera le tableau qui donne les diverses formules d'engrais employés.

Tableau 20. — *Formules d'engrais pour culture sur champ (pour 50 mètres carrés).*

Pour 50 m.	Tangue du marais de Dol					Alluvions de Loire				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Phosphate bicalc....	Terre	0,750	0,750	1,5	0,750	Terre	0,750	0,750	0,750	0,750
Chlorure de potass..		0,713	0,713	0,713	1,426		0,713	0,713	0,713	1,426
Sulfate d'ammoniaq.	sans	0,750	0,750	0,750	0,750	sans	0,750	0,750	1,500	1,500
Nitrate de soude....		1	1	1	1		1	1	0,046	0,046
Magnésie.....	engr.	»	0,964	0,964	0,964	engr.	»	0,964	0,964	0,964
Carbonate de chaux.		»	»	»	»		»	»	»	»
Sulfate de calcium..		»	»	»	»		»	»	»	»

TABLEAU 20 (suite). — *Formules d'engrais pour culture sur champ (pour 50 mètres carrés).*

Pour 50 m.	Tuffeau de Maine-et-Loire					Argile d'Ille-et-Vilaine				
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Phosphate bicalc....	Terre	0,750	2,250	0,750	0,750	Terre	0,750	1,500	0,750	1,500
Chlorure de potass.		0,713	0,713	»	0,713		»	»	0,713	»
Sulfate d'ammoniaq.	sans	0,750	0,750	0,867	0,750	sans	0,750	0,750	0,750	0,750
Nitrate de soude....		1	1	1	0,927		1	1	1	1
Magnésie.....	engr.	0,954	0,964	0,964	0,964	engr.	»	0,964	»	0,964
Sulfate de potassium	»	»	»	0,8325	»	»	«	»	»	»
Sulfate de calcium..	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

	Argile du Choletais					Jurassique de Charente				
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Phosphate bicalciq..	Terre	0,750	0,750	0,750	0,750	Terre	0,750	2,250	0,750	0,750
Sulfate d'ammoniaq.		0,750	0,750	0,750	»		0,750	0,750	0,867	0,750
Nitrate de soude....	sans	1	1	1	1,967	sans	1	1	1	4,927
Chlorure de potass..		»	0,713	0,713	0,713		0,713	0,713		0,713
Sulfate de calcium..	engr.	»	»	5	»	engr.	»	»	»	»
Carbonate de calc...	»	»	»	»	5	»	»	»	»	»
Magnésie.....	»	»	»	»	»	»	0,964	0,964	0,964	0,964
Sulfate de potassium	»	»	»	»	»	»	»	»	0,8325	»

B. — ANALYSE DES SOLS

Les terrains qui ont servi aux cultures en plein champ sont de même nature que ceux ayant servi aux essais en pots. On trouvera ci-dessous l'analyse de ces terres, analyse que l'on pourra comparer à celles des tableaux (n° 4 à n° 10).

Le Ph est noté à la suite des analyses des éléments totaux.

TABLEAU 21. — *Analyse des éléments dits " assimilables " par kilogramme de terre fine.*

Eléments des terres	Cailloux sur 1 k.	N sur 1 k.	P^2O^5 sur 1 k.	CaO sur 1 k.	MgO sur 1 k.	K^2O sur 1 k.	SO^3 sur 1 k.
1 à 5. Tangue.....	20 g.	1,28 %	0,92	194,3	2,03	6,37	1,76
6 à 10. Alluvions.....	85	1,76	0,83	2,82	1,17	4,27	0,55
11 à 15. Tuffeau.....	100	1,26	0,2	116,5	5,07	3,67	0,72
16 à 20. Argile d'Acigné (Ille-et-Vilaine).....	230	1,45	0,747	0,36	0,65	4,67	0,72
21 à 25. Argile du Choletais...	240	2,21	0,743	0,714	0,9	3,4	0,61
26 à 30. Jurassique.....	280	2,58	0,99	197,5	0,78	9,24	0,808

TABLEAU 22. — *Analyse des éléments totaux (en grammes pour cent).*

Eléments des terres	Perte au feu	SiO^2	Phosp. fer et alum.	CaO	MgO	K^2O	NaO	P^2O^5	SO^3	Ph
1 à 5. Tangue....	19,25 %	45,77	9,37	22,25	0,45	1,62	0,72	0,095	0,197	7,3
6 à 10. Alluvions..	6,05	70,05	18	2	1,02	0,848	0,229	0,128	0,067	6,8
11 à 15. Tuffeau...	20,15	57,1	10,35	14	0,32	1,93	1,05	0,077	0,081	7,5
16 à 20. Argile d'Ille-et-Vilaine..	9,45	65,5	21,8	0,4	0,70	0,735	0,26	0,095	0,081	6,3
21 à 25. Argile du Choletais.....	7,45	69,05	20	1	1,24	0,785	0,55	0,102	0,095	6,5
26 à 30. Jurassique.	34	28,9	9,125	24,12	0,54	1,62	0,278	0,11	0,204	7,5

C. — ANALYSE DES BLÉS

I. — Résultats.

Dans les tableaux qui suivent on trouvera les résultats des analyses des blés provenant des 30 parcelles cultivées. De façon à permettre des comparaisons faciles, nous avons fait figurer dans chacun des tableaux, les quantités d'engrais reçus par 50 m². En outre le tableau n° 24 est relatif au blé de semence.

TABLEAU 23. — *Analyse des blés cultivés en plein champ.*

Eléments des blés	Cherrueix (Tangue)					La Bohalle (Alluvions)				
	Parcelle (50 m²) 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	Parcelle 5	Parcelle 6	Parcelle 7	Parcelle 8	Parcelle 9	Parcelle 10
Production en grain	4 kg 125	5,265	5,108	5,073	6,173	7,418	10,588	10,723	10,228	10,827
Poids spécifique	67	69	68,75	70	71,75	70	68,75	69	71,25	70,75
Azote du blé normal	2,212	1,946	2,016	2,170	2,044	1,974	1,701	1,792	1,645	1,484
Azote du blé sec	2,704	2,324	2,405	2,630	2,593	2,325	2,011	2,024	1,933	1,752
Azote de l'enveloppe sèche	0,410	0,384	0,4	0,441	0,444	0,412	0,420	0,427	0,452	0,421
Taux d'extraction	71,5	68,7	67,8	69,2	68,7	68,75	68,95	70,80	69,55	69,3
Azote de l'extractif par alcool à 70° sur 100 g. blé	0,893	0,766	0,694	0,939	0,862	0,720	0,805	0,776	0,869	0,717
Azote de l'amande	2,294	1,940	2,005	2,189	2,149	1,913	1,591	1,597	1,481	1,331
Azote de la gluténine	1,401	1,174	1,311	1,250	1,217	1,193	0,786	0,821	0,612	0,614
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. de l'amande}}$	38,92	39,48	34,61	42,89	40,11	37,64	50,56	48,59	58,67	53,87
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. total}}$	33,02	32,99	28,85	35,70	33,24	30,96	40,02	38,33	44,95	40,92
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. gluténine}}$	0,565	0,641	0,582	0,751	0,671	0,606	0,97	0,94	1,428	1,176

TABLEAU 23. — *Analyse des blés cultivés en plein champ (suite).*

Elé nents des blés	Cherrueix (Tangue)					La Bohalle (Alluvions)				
	Parcelle (50 m²) 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	Parcelle 5	Parcelle 6	Parcelle 7	Parcelle 8	Parcelle 9	Parcelle 10
Poids moyen d'un grain	41 mg 59	40,70	40,64	41,14	43,56	37,10	37,66	36,54	39,84	37,14
Magnésie % de blé	0,187	0,187	0,187	0,194	0,180	0,205	0,196	0,207	0,199	0,234
Acide phosphorique	0,934	0,896	0,921	0,883	0,870	0,981	0,928	0,938	0,938	0,831
Acide sulfurique	0,258	0,272	0,318	0,299	0,272	0,319	0,245	0,251	0,245	0,211
Coefficient de panif. sur levure	66,21	59,36	61,89	55,80	61,39	15,47 52,86 *bis*	54,68 51,59 *bis*	48·91 55,64 *bis*	49,98 60,1 *bis*	50,86 60,76 *bis*
— — sur levain	68,68	67,67	79,79	75,73	70,24	59,82 68,04 *bis*	57,97 56 *bis*	62,32 55,48 *bis*	59,36 55,29 *bis*	59,74 58,05 *bis*
Phosphate bicalcique	»	0k750	0,750	1,500	0,750	»	0,750	0,750	0,750	0,750
Sulfate d'ammoniaque	»	0,750	0,750	0,750	0,750	»	0,750	0,750	1,500	1,500
Sulfate de potassium	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure de potassium	»	0,713	0,713	0,713	1,426	»	0,713	0,713	0,713	1,426
Magnésie	»	»	0,964	0,964	0,964	»	»	0,964	0,964	0,964
Sulfate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Carbonate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Nitrate de soude	»	1	1	1	1	»	1	1	0,046	0,046

Hiver trop humide ayant gêné la germination.

TABLEAU 23. — *Analyse des blés cultivés en plein champ (suite).*

Eléments des blés	Denizé (Tuffeau)					Acigné (Argile)				
	Parcelle 11	Parcelle 12	Parcelle 13	Parcelle 14	Parcelle 15	Parcelle 16	Parcelle 17	Parcelle 18	Parcelle 19	Parcelle 20
Production en grain	7,339	11,343	11,463	9,216	9,080	4,127	4,855	4,299	6,697	5,902
Poids spécifique	72	71,5	71,5	71	68	68,5	68,75	66	68	66
Azote du blé normal	1,554	1,638	1,733	1,610	2,044	1,960	1,918	1,960	1,862	2,016
Azote du blé sec	1,845	1,940	2,060	1,916	2,427	2,325	2,225	2,279	2,167	2,336
Azote de l'enveloppe sèche	0,598	0,282	0,358	0,433	0,564	0,415	0,487	0,450	0,374	0,535
Taux d'extraction	68,5	70,45	70,97	69,6	69,45	71,4	67,9	67,3	68,7	68
Azote de l'extractif par alcool à 70° sur 100 g. blé	0,607	0,638	0,805	0,618	0,884	0,772	0,735	0,759	0,791	0,676
Azote de l'amande	1,247	1,302	1,702	1,298	1,863	1,910	1,738	1,829	1,845	1,801
Azote de la gluténine	0,640	0,666	0,897	0,680	0,979	1,138	1,003	1,070	1,054	1,125
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. de l'amande}}$	48,67	49	47,29	47,61	47,45	40,42	42,28	41,29	42,87	37,53
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. total}}$	32,89	32,88	39,70	32,25	36,42	33,20	33,03	33,29	36,50	28,93
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. gluténine}}$	0,952	0,961	0,900	0,909	0,909	0,677	0,735	0,714	0,751	0,602

TABLEAU 23. — *Analyse des blés cultivés en plein champ (suite).*

Eléments des blés	Denizé (Tuffeau)					Acigné (Argile)				
	Parcelle 11	Parcelle 12	Parcelle 13	Parcelle 14	Parcelle 15	Parcelle 16	Parcelle 17	Parcelle 18	Parcelle 19	Parcelle 20
Poids moyen d'un grain	35 mg 68	38,08	36,65	36,8	33,75	31,25	32,85	28,63	32,21	28,65
Magnésie % de blé	0,192	0,212	0,175	0,188	0,184	0,207	0,207	0,243	0,189	0,225
Acide phosphorique	0,934	0,832	0,768	0,647	0,832	0,704	0,725	0,746	0,512	0,704
Acide sulfurique	0,170	0,197	0,204	0,231	0,245	0,317	0,543	0,589	0,283	0,374
Coefficient de panif. sur levure	54,60 54,81 *bis*	54,04 47,50 *bis*	53,61 50,11 *bis*	54,97 46,10 *bis*	62,84 51,98 *bis*	47,36	53,24	52,97	52,99	48,93
— — sur levain	60,91 54,04 *bis*	67,44 58,35 *bis*	59,12 54,98 *bis*	64,18 57,95 *bis*	68,63 70,20 *bis*	53	53,48	53,68	55,12	54,84
Phosphate bicalcique	»	0,750	2,250	0,750	0,750	»	0,750	1,500	0,750	1,500
Sulfate d'ammoniaque	»	0,750	0,750	0,867	0,750	»	0,750	0,750	0,750	0,750
Sulfate de potassium	»	»	»	0,832	»	»	»	»	»	»
Chlorure de potassium	»	0,713	0,713	»	0,713	»	»	»	0,713	»
Magnésie	»	0,964	0,964	0,964	0,964	»	»	0,964	»	0,964
Sulfate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	5
Carbonate de chaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Nitrate de soude	»	1	1	1	4,927	»	1	1	1	1

Hiver trop humide ayant gêné la germination.

TABLEAU 23. — *Analyse des blés cultivés en plein champ (suite).*

Eléments des blés	Beaupréau (Argile)					Touvre (Calcaire)				
	Parcelle 21	Parcelle 22	Parcelle 23	Parcelle 24	Parcelle 25	Parcelle 26	Parcelle 27	Parcelle 28	Parcelle 29	Parcelle 30
Production en grain	6k423	10,649	8,913	9,443	10,894	2,425	5,986	5,312	3,763	6,210
Poids spécifique	68	68,5	68	69	69	63	67	66,5	63,25	63,5
Azote du blé normal	1,722	1,736	1,687	1,610	1,792	1,89	1,869	1,806	1,89	1,82
Azote du blé sec	2,050	2,028	1,961	1,863	2,079	2,14	2,217	2,117	2,247	2,143
Azote de l'enveloppe sèche	0,350	0,294	0,309	0,421	0,414	0,493	0,481	0,525	0,499	0,504
Taux d'extraction	71,7	71,4	67,75	69,25	71,2	71,45	69,85	70,85	71,85	69,45
Azote de l'extractif par alcool à 70° sur 100 g. de blé	0,748	0,794	0,803	0,613	0,820	0,788	0,844	0,791	0,893	0,762
Azote de l'amande	1,7	1,734	1,652	1,442	1,665	1,647	1,736	1,592	1,748	1,639
Azote de la gluténine	0,952	0,94	0,623	0,829	0,845	0,859	0,892	0,801	0,855	0,887
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. du gluten}}$	44	45,79	48,6	42,51	49,25	47,84	48,61	49,68	51,08	46,49
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. total}}$	36,48	39,14	40,95	32,9	39,44	36,82	38,07	37,35	39,74	35.56
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. gluténine}}$	0,787	0,849	1,666	0,73	0,97	0,917	0,952	0,99	1,041	0,862

TABLEAU 23. — *Analyse des blés cultivés en plein champ (suite et fin).*

Eléments des blés	Beaupréau (Argile)					Touvre (Calcaire)				
	Parcelle 21	Parcelle 22	Parcelle 23	Parcelle 24	Parcelle 25	Parcelle 26	Parcelle 27	Parcelle 28	Parcelle 29	Parcelle 30
Poids moyen d'un grain	33 mg 85	43,65	37,44	35,73	38,25	30,09	31,41	29,8	30,6	28,08
Magnésie % de blé	0,215	0,224	0,246	0,228	0,234	0,252	0,262	0,262	0,261	0,288
Acide phosphorique	0,864	0,883	0,844	0,870	0,902	0,704	0,896	0,96	0,917	0,992
Acide sulfurique	0,124	0,169	0,133	0,127	0,158	0,294	0,317	0,527	0,323	0,238
Coefficient de panif. sur levure	52,27 46,95 *bis*	50,19 52,85 *bis*	53,21 47,71 *bis*	58,66 55,79 *bis*	56,06 53,26 *bis*	45,08	44,05	42,23	45,17	49,68
— — sur levain	65,03 52,04 *bis*	67,90 58,57 *bis*	63,92 56,77 *bis*	60,55 60,97 *bis*	61,27 63,85 *bis*	52,17	67,87	69,19	67,01	69,26
Phosphate bicalcique	»	0,750	0,750	0,750	0,750	»	0,750	2,250	0,750	0,750
Sulfate d'ammoniaque	»	0,750	0,750	0,750	»	»	0,750	0,750	0,867	0,750
Sulfate de potassium	»	»	»	»	»	»	»	»	0,8325	»
Chlorure de potassium	»	»	0,713	0,713	0,713	»	0,713	0,713	»	0,713
Magnésie	»	»	»	»	»	»	0,964	0,964	0,964	0,964
Sulfate de chaux	»	»	»	5	»	»	»	»	»	»
Carbonate de chaux	»	»	»	»	5	»	»	»	»	»
Nitrate de soude	»	1	1	1	1,967	»	1	1	1	4,927
Particularités culturales ou météréologiques.						Blé à croissance normale, mais qui, pour des raisons climatiques, arrive à la limite de l'échaudage.				

TABLEAU 24. — *Analyse du blé de semence « Wilhelmine ».*

En grammes pour cent	
Azote du blé sec	1,97
Azote de l'enveloppe sèche	0,400
Taux d'extraction	76
Azote de l'extractif par l'alcool à 70° sur 100 g. de blé	0,799
Azote de l'amande	1,577
Azote de la gluténine	0,778
Rapport $\frac{\text{Azote gliadine} \times 100}{\text{Azote de l'amande}}$	50,66
Rapport $\frac{\text{Azote gliadine}}{\text{Azote total}}$	40,55
Rapport $\frac{\text{Azote gliadine}}{\text{Azote gluténine}}$	1,027
Poids moyen d'un grain	49 mg

II. — Conclusions.

1° L'azote total. L'azote de l'amande. Le rendement.

L'examen de ces résultats d'analyses nous conduit aux remarques suivantes :

Au point de vue *azote total* du blé nous avons d'assez grosses variations entre les parcelles des séries. Par contre, la différence est moins accusée entre les diverses séries.

a) **Série Tangue.** — Le blé le *plus azoté* (azote de l'amande) de la série tangue est le blé de *terre vierge*, le moins azoté étant celui de la parcelle 2 ayant reçu une fumure normale, sans addition de magnésie.

La parcelle ayant donné le *meilleur rendement* est la parcelle 5 où l'on a *doublé la dose de potasse*. Le plus faible rendement a été donné par la parcelle vierge d'engrais.

b) **Série Alluvions de la Vallée de Loire.** — Dans la série d'alluvions de Loire, le blé *le plus azoté* (N de l'amande) est encore le *blé de terre vierge*, le moins azoté est celui de la parcelle 10. C'est la série qui a reçu *double dose de potasse et où le sulfate d'ammoniaque a remplacé le nitrate.*

Le *rendement maximum* est encore donné par cette parcelle 10 qui a reçu la *double dose de potasse* et *où le sulfate d'ammoniaque a remplacé le nitrate.* Le rendement minimum appartient à la terre vierge.

c) **Série « Tuffeau ».** — Dans la série « Tuffeau » le *blé le plus glutineux* est celui de la parcelle 15 qui a reçu un apport complémentaire très considérable *de nitrate de Na.* Il est à remarquer d'ailleurs que cet apport n'a pas déterminé un rendement maximum. Le blé le moins riche en azote de l'amande est le blé de terre vierge. Le minimum de rendement a été obtenu sur cette même parcelle, le *maximum* étant atteint par la parcelle 13 qui a reçu *double dose d'acide phosphorique.*

d) **Argile de la Vallée de Vilaine.** — Sur argile de la région de Rennes, le *blé le plus glutineux* est celui de *terre vierge*, c'est aussi celui à rendement le plus faible. Le blé le moins azoté est celui de la parcelle 17 qui n'a pas reçu de potasse.

Le *rendement maximum* donné par la parcelle 19 correspond à un *apport de potasse.*

e) **Série Argile du Choletais.** — Sur argile de Beaupréau, le blé qui est le *plus riche en azote* est celui de la série 22 *qui n'a pas reçu de potasse*, puis celui du sol vierge. Quant au rendement minimum, il est donné par ce sol vierge, le *maximum* étant obtenu sur parcelle 25 qui a *reçu de la potasse et a remplacé le sulfate d'ammoniaque par un apport supplémentaire de nitrate de Na.*

f) **Série « Jurassique ».** — Enfin, dans la série « Touvre » le blé *le plus glutineux* est celui de la parcelle 29 qui a reçu *un petit excès de sulfate d'ammoniaque et où le sulfate de potassium a remplacé le chlorure.* Le moins riche en azote de l'amande est celui de la parcelle 28 sur laquelle on a beaucoup augmenté l'apport de phosphate. Le rendement minimum, très faible,

a été obtenu sur terre vierge, le maximum, relativement peu élevé, étant obtenu par la parcelle 30 qui a reçu un très fort apport de nitrate de soude.

Dans l'ensemble, les blés présentant les plus fortes teneurs en azote total sont ceux donnés par les parcelles sans engrais sauf pour les terres très calcaires (tuffeau) où la parcelle sans engrais a, au contraire, donné le blé le moins azoté. Dans cette série, le blé le plus azoté est celui de la parcelle ayant reçu un très fort apport de nitrate de soude.

Quant aux rendements maximum, ils sont donnés par des apports élevés en potasse dans les sols argileux ou argilo-calcaires. Par contre, les terres calcaires sont sensibles au point de vue rendement, soit à de fortes doses d'acide phosphorique, soit de nitrate de Na, la potasse n'y jouant pas un rôle aussi favorable.

2° **Action du sol.** — Pour éliminer l'influence du climat et les effets malheureux des mauvaises conditions atmosphériques, nous ne comparerons que les sols de Maine-et-Loire : alluvions de la Vallée de Loire, tuffeaux, et argile du Choletais.

Au point de vue rendement sans engrais, la terre perméable et profonde, silico-argileuse, des alluvions de Loire, donne le meilleur rendement suivie de près par la terre de tuffeaux à éléments grossiers. L'argile compact et imperméable du Choletais est sensiblement inférieur (6,423 au lieu de 7,418 pour les alluvions de Loire). La teneur en azote est maximum pour le blé de terre d'alluvions (1,974), minimum sur tuffeau (1,554).

Avec fumures normales, les rendements moyens sont de 10,723 pour les alluvions, 11,343 pour les tuffeaux, 8,913 seulement pour l'argile, avec des teneurs en azote du blé de 1,792, 1,638, 1,687.

Le rôle de la nature physique des sols est évident. Le sol perméable silico-argileux doit sa fertilité à sa profondeur et à la facilité qu'ont les racines d'aller chercher les aliments nécessaires. L'argile imperméable, compact, réagira moins bien à l'action des engrais pour les raisons inverses. Quant au sol calcaire, c'est lui qui profite le plus des engrais toutes les fois

que l'apport des éléments fertilisants sera suffisant pour rompre les phénomènes d'antagonisme dus à l'excès de chaux.

Examinons maintenant l'action particulière de certains éléments fertilisants utilisés dans une fumure normale (N-P-K) ou en supplément de cette fumure. Nous y constaterons parfois quelques contradictions apparentes entre l'action générale d'un élément sur les blés d'une série et l'action particulière de cet élément sur une parcelle déterminée. Dans ce cas, nous devons admettre que la fumure est déséquilibrée par un excès de cet élément et que celui-ci, dès lors, exerce une action dépressive.

3° **Comparaison entre l'action de l'azote pris sous forme nitrique et l'azote sous forme ammoniacale.** — Si nous étudions l'effet de l'azote nitrique comparativement à celui de l'azote ammoniacal, nous voyons que, dans la série « alluvions », la substitution du sulfate d'ammoniaque au nitrate de soude n'a eu dans cette terre perméable, bien aérée, qu'un très faible effet dépressif sur le rendement, mais a abaissé sensiblement le taux de l'azote des blés (1,645 au lieu de 1,792).

Sur tuffeaux, la suppression du sulfate d'ammoniaque et son remplacement par du nitrate de soude à haute dose, a eu un effet nettement dépressif sur le rendement, mais a augmenté beaucoup la teneur en azote du blé (2,044 au lieu de 1,733).

Sur terrain jurassique, la substitution du nitrate de soude en excès au sulfate d'ammoniaque, a donné un fort excédent de rendement (6 kg., 210 au lieu de 5 kg., 986) et un léger abaissement du taux en azote du blé (1,82 au lieu de 1,869).

4° **Action de l'acide phosphorique et de la potasse en excès par rapport à une fumure normale.** — Sur « tangue », l'acide phosphorique a diminué très légèrement le rendement (p. 4 comparé à p. 3), mais a élevé légèrement la teneur en azote (2,170—2,016) et augmenté un peu le poids spécifique.

Sur « alluvions de Loire » l'acide phosphorique a très légèrement diminué le rendement (10,228—10,723) et l'azote du blé (1,645 à 1,792). La potasse donne une légère augmentation du rendement (10,827—10,228) et une diminution marquée de l'azote (1,484—1,645).

Sur « tuffeaux », l'acide phosphorique a donné une très légère augmentation du rendement (11,463—11,343) et une nette augmentation de l'azote (1,733—1,638), mais pas d'augmentation du poids spécifique.

Sur « l'argile de la vallée de Vilaine », l'acide phosphorique donne une légère diminution du rendement (4,299 —4,855) et une légère augmentation de l'azote (1,960—1,918). La potasse, par contre, donne une très forte augmentation de rendement (6,697 au lieu de 4,855) et une légère diminution de l'azote (1,862—1,918).

Sur « l'argile du Choletais », la potasse donne une forte diminution du rendement (10,649—8,913) et un abaissement léger de la teneur en azote (1,687—1,736).

Enfin, sur Jurassique, l'acide phosphorique a donné une faible diminution du rendement (5,312—5,986) et de l'azote.

5° **Action de la magnésie.** — Sur « tangue », avec fumure normale, la magnésie paraît avoir très légèrement diminué le rendement (5,108—5,265) et augmenté la teneur en azote du grain (2,016—1,946).

Sur « alluvions de Loire » on a, par contre, une légère augmentation de rendement (10,723—10,588) et de l'azote.

En résumé, l'action de la magnésie sur le rendement semble faible. M^lle^ Garola a constaté que les engrais magnésiens ne modifient pas sensiblement la teneur du grain en magnésie, mais amènent un enrichissement de celui-ci en phosphore. Dans nos essais nous constatons deux fois la véracité de cette remarque. Sur « tangue » les blés de la parcelle 3 comparée à ceux de la parcelle 2 donnent magnésie 0,187 et 0,187, mais : acide phosphorique (0,921—0,896). De même, sur « alluvions de Loire » (parcelle 8 comparée à parcelle 7), magnésie (0,207—0,196) et acide phosphorique (0,938—0,928).

6° **Substitution du sulfate de potasse au chlorure.** — Sur « Jurassique », cette substitution a été très fortement dépressive sur le rendement (2,763—5,986) sans avoir beaucoup d'influence sur la teneur des blés en azote (1,89—1,869).

Sur « tuffeau », même constatation, forte dépression du rendement (9,216—11,463) et peu d'influence sur la teneur en azote (1,610—1,638).

D. — ANALYSE DES FARINES

1. Méthodes et Résultats.

Il est nécessaire ici de donner les raisons qui nous ont décidé à effectuer les déterminations extensimétriques sur les farines extraites à un taux aussi élevé que possible, compatible avec l'obtention de produits sans piqûres, vérifiés à ce point de vue par l'essai Pékar.

Nous croyons que le taux d'extraction codifié à 50 % est trop faible. Il traduit sans doute la crainte d'avoir avec le moulin d'essai de l'extensimètre, des farines piquées. Cette appréhension justifiée avec un opérateur peu versé dans le réglage de la mouture, n'est plus valable pour les techniciens meuniers connaissant leur métier. Ceux-ci n'hésitent pas à transformer au besoin leur moulin d'essai afin d'avoir des farines parfaites, à des taux d'extraction beaucoup plus élevés. Il est évident, d'autre part, que les moutures semi-industrielles faites sur nos blés par l'École française de Meunerie sont pour ainsi dire impeccables. Il suffit de constater les faibles différences entre les poids des divers produits aux différents stades de mouture obtenus sur deux lots du même blé broyés à trois semaines d'intervalle, pour juger que l'on peut difficilement mieux faire.

D'autre part, si tous les blés ne se prêtent pas à des moutures très poussées, les blés amidonneux et en particulier le « Wilhelmine » sont très favorables à ce point de vue.

Presque tous les grands moulins utilisant l'extensimètre Chopin font leurs déterminations sur les farines industrielles demandant, ainsi que l'ont exposé si clairement MM. Noachovitch (231) et Bœuf (232), à l'extensimètre de chiffrer « la force » des farines et non leur valeur boulangère. De plus, il ne faut pas oublier que nos essais sont comparatifs et ne portent que sur une même variété de blé. Il nous était impossible de

faire effectuer une mouture spéciale à 50 % pour la détermination du W, nous n'avions en effet que la quantité de farine nécessaire pour des essais de panification sérieux.

Peut-on craindre un abaissement du W avec les farines extraites à un taux élevé, diminution due à une action défavorable des piqûres et de la nature des produits de l'assise protéique du blé ? Nous ne le croyons pas. Nous n'avons constaté rien de tel avec les farines extraites industriellement à 70 %. Au contraire, celles-ci (qui, en définitive, sont celles dont on devrait apprécier les qualités) donnent des courbes souvent beaucoup plus à l'avantage des blés. Nous donnons ci-dessous les chiffres et les courbes que nous avions obtenus sur les farines de quelques blés ayant fait de notre part l'objet d'une précédente communication (263).

Pour résumer notre opinion sur le taux de mouture le plus avantageux pour apprécier les qualités des farines à l'extensimètre, nous croyons qu'il y a intérêt à se rapprocher autant que possible d'une mouture industrielle. Un blé extrait à un taux trop faible risque d'être déprécié par des chiffres extensimétriques ne correspondant pas à ses qualités réelles. L'obtention de la farine entière, dépourvue de piqûres et de belle couleur blanc crème, devrait être le but à obtenir pour l'appréciation des blés. Cette façon d'opérer aurait de plus l'avantage de permettre de mieux connaître les corrélations entre les deux méthodes d'évaluation de la valeur des blés : panification et propriétés des pâtes.

Ajoutons qu'en 1937, l'Office national du Blé a fixé le taux d'extraction avec le moulin d'essai de l'extensimètre Chopin, entre 55 et 65 %. Ce dernier taux est évidemment la limite extrême que l'on peut, à moins de cas exceptionnels, obtenir dans de bonnes conditions avec le matériel utilisé.

Pour les sélectionneurs, il est évident qu'un taux de 50 % est un optimum pour l'obtention d'une farine non piquée, à partir d'une quantité très restreinte de grains, mais l'analyse chimique quoique longue, ne donne-t-elle pas alors des renseignements pour le moins aussi utiles, à coup sûr plus sûrement comparables ?

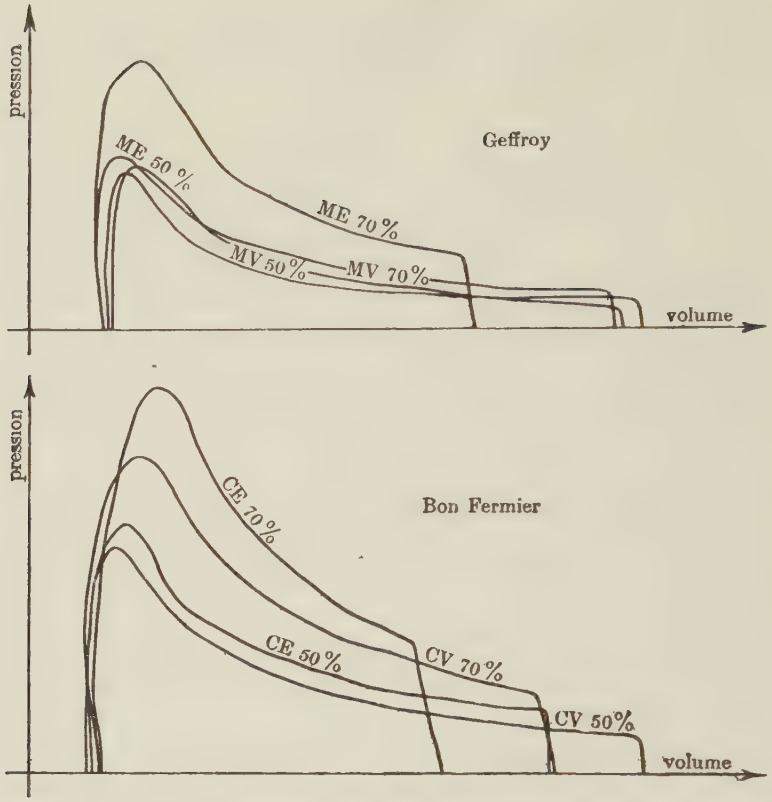


TABLEAU 25. — *Influence du taux de mouture sur les résultats extensimétriques de quelques blés.*

	Blé MV		Blé ME		Blé CV		Blé CE	
	Farine à 50 % (moulin d'essai)	Farine industrielle à 70 %	Farine à 50 %	Farine à 70 %	Farine à 50 %	Farine à 70 %	Farine à 50 %	Farine à 70 %
P	30	47,5	30,7	49	40	56	44	67,5
G	21,5	17,3	21,1	18,9	21,9	20,7	20	17,9
W	54	92	62	113	89	149	95	155
Augmentation de P		+ 17,5		+ 18,3		+ 16		+ 23,5
Augmentation de G		— 4,2		— 2,2		— 1,2		— 2,1
Augmentation de W		+ 38		+ 51		+ 60		+ 60

Dans les tableaux suivants, on trouvera l'analyse des farines obtenues à partir des blés provenant de nos cultures. Le poids de grain mis en mouture varie de 3 à 6 kg. suivant la quantité de blé récolté. Dans tous les cas, nous avons obtenu suffisamment de farine pour pouvoir procéder à tous les essais. Le taux d'extraction a été systématiquement poussé jusqu'à obtention de la farine dite « entière »; il a varié de 68,4 à 73,4. Toutes les opérations de mouture ont été effectuées avec un soin extrême par l'École de Meunerie et les pertes n'ont qu'exceptionnellement atteint 2 %.

Les déterminations extensimétriques ont donné des W variant de 58 à 108, le blé de semence ayant donné un W = 65.

L'analyse chimique complète a été effectuée sur toutes ces farines suivant les méthodes exposées au chapitre « méthodes analytiques ».

Nous avons fait précéder les résultats analytiques de nos essais, de l'analyse de la farine extraite à 70 % obtenue avec le blé de semence « Wilhelmine ».

Wilhelmine : Blé de semence de sélection.

P = 37 m/m — $H^{té}$ 14,40 %

G = 15,10.

Pg = 8,09 gr — Valeur de 1 cm^2 : 51.860 ergs

S = 10,2 cm^2 — W = *65* × 10^3 ergs

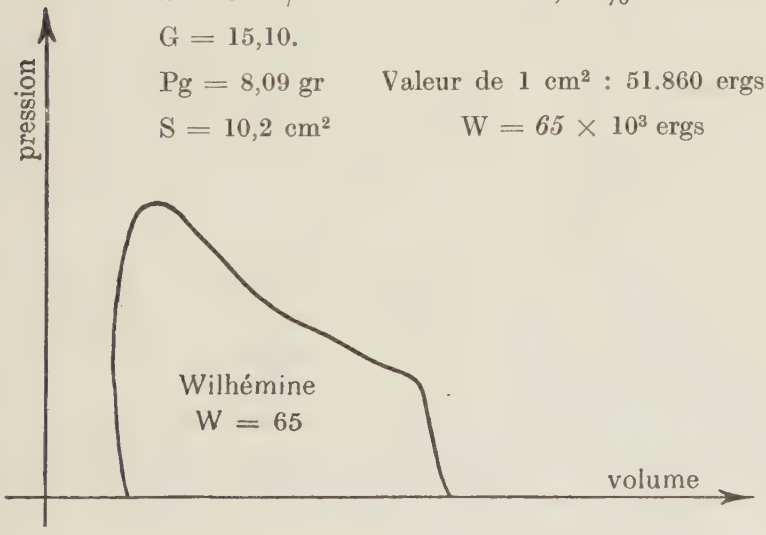
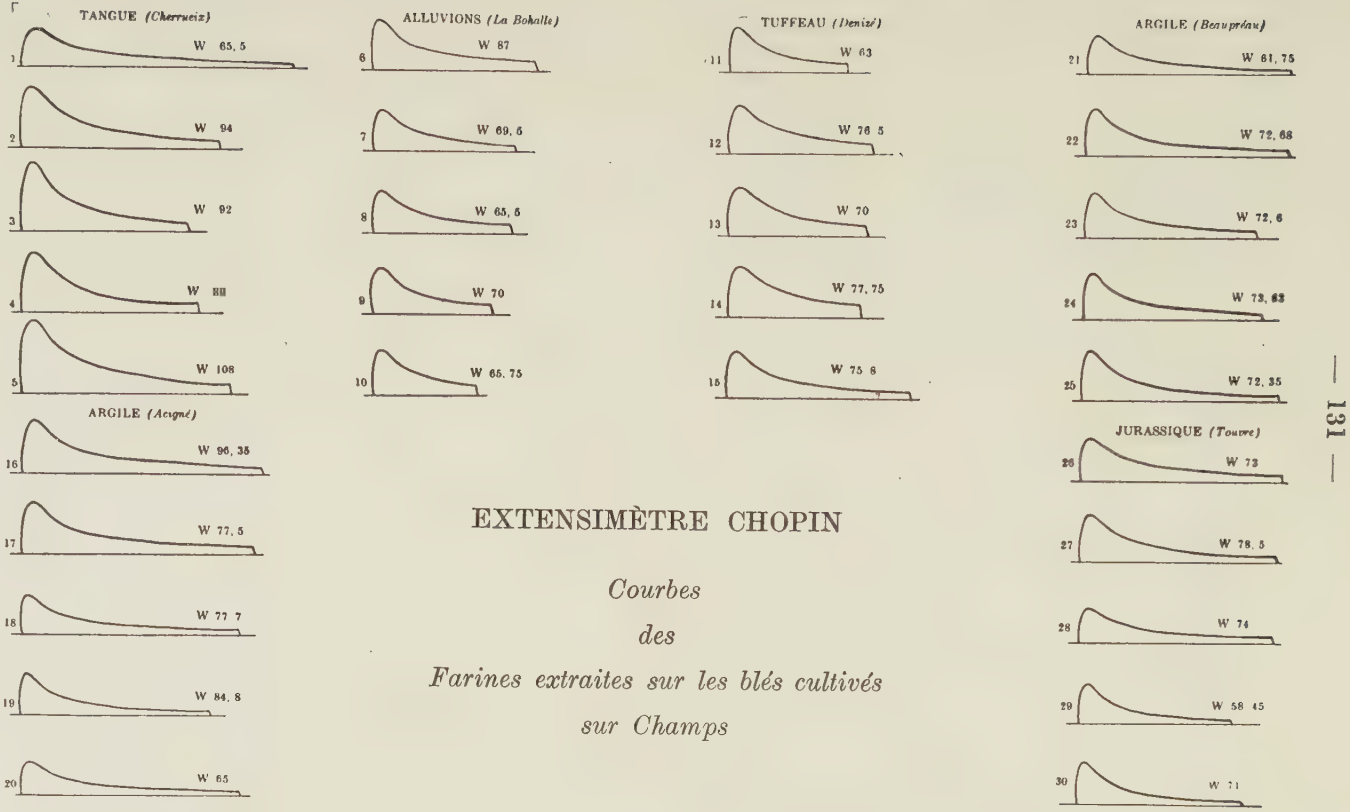


TABLEAU 26. — *Analyse de la farine obtenue avec le blé Wilhelmine.*

	Wilhelmine	
Humidité	14,16	
Azote total de la farine	1,848	
Cendres	0,64	
Matières grasses	1,14	
Acidité	0,066	
Azote soluble dans l'eau	0,42	
Rapport $\frac{\text{azote soluble eau}}{\text{azote total}}$	26,66	Farine extraite à 70 %
Extrait total (gluten)	9,07	
Gliadine	6,45	W : 65 $<^{\text{P : 37}}_{\text{G : 15,10}}$
Gluténine	2,62	Allure de la courbe : forme du type 2
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$	2,461	
Azote total du gluten	1,26	
Azote de la gliadine	1,008	
Azote de la gluténine	0,252	
Rapport $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote gluténine}}$	4	
Rapport $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote total}}$	0,8	
Gluten calculé	7,87	
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluten calculé}}$	0,82	
Détermination Pelsenke	11'21 24'27	



EXTENSIMÈTRE CHOPIN

Courbes

des

Farines extraites sur les blés cultivés

sur Champs

TABLEAU 27. — *Analyses*

	1re Série : Cherrueix				
	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	Parcelle 5
Date de mouture	12-11-36	12-11-36	12-11-36	13-11-36	13-11-36
Poids du blé avant mouillage	3,845	4,880	5,260	4,725	5,770
Humidité du blé	13,75	14	14,25	14,25	14,10
Quantité d'eau ajoutée	100cc	105cc	90cc	95cc	125cc
Poids du blé mis en mouture	3,900	4,975	5,320	4,815	5,890
Farine de broyage %	16	15,6	15,9	16,1	15,8
Farine totale %	69,1	70,6	71	71,6	71,4
Remoulages %	4,5	5,5	4,5	4,2	4,2
Bâtards %	13,5	12,5	12,8	13,8	12,4
Sons %	11	10,5	10,4	10,8	10,6
Perte %	1,9	0,9	1,3	»	1,4
W. à l'extensimètre P	22,9	36,75	41,57	36,26	43
W. à l'extensimètre	65.5	94	92	89	108
W. à l'extensimètre G	25.5	22,64	21,95	21,75	13,25
Gluten humide %	39,3	41,4	41,1	40,2	35,85
Gluten sec	12,21	12,9	13,35	12,51	11,55
Caractères du gluten	mou, très long	assez ferme, très long	assez ferme, très long	un peu mou, très long	assez ferme, assez long
Coefficient d'hydratation	68,93	68,84	67,51	68,88	68,62
Humidité de la farine	14,34	14,88	14,26	14,72	14,5
Essai Pelsenke sur 5 g. de blé — Temps de gonflement	10'2"	10'30	12'23	10'48 11'2	12'25 13'47
Essai Pelsenke sur 5 g. de blé — Temps de rupture	20'35"	21'53	22'42	20'25 23'30	28'35 25'16

des farines.

2e Série : La Bohalle					3e Série : Denizé				
Parcelle 6	Parcelle 7	Parcelle 8	Parcelle 9	Parcelle 10	Parcelle 11	Parcelle 12	Parcelle 13	Parcelle 14	Parcelle 15
17-11-36	17-11-36	16-11-36	16-11-36	17-11-36	18-11-36	18-11-36	18-11-36	18-11-36	19-11-36
3,420	5,200	4,965	4,400	4,810	3 kg 5	5	5	4	4
14,4	14,6	15	14,8	15.25	15,1	15,3	15,1	14,85	14,85
65cc	90cc	65cc	65cc	50cc	40cc	48	58	70	56
3,475	5,290	5,040	4,430	4,855	3,540	5,050	5,100	4,055	4,055
18,1	18,27	18,4	18,1	18,6	19,1	16,9	17,3	17,5	17,2
71	71	71,8	72,5	73,4	72	72,2	72	71,2	70,9
3,6	3,8	3,9	3,4	3,6	3,8	3,9	3,4	3,5	3,5
12,2	12,4	13,2	12,5	12,2	13	12	11,8	12,3	12,7
11,1	12,4	10,4	10,5	10,8	11	10,3	14,3	11,5	12,5
2,1	0,4	0,7	1,1	»	0,2	1,6	1,5	0,6	0,4
31 / 87 / 22,28	27,2 / 69,5 / 21,29	27,7 / 65,5 / 21	31,7 / 70 / 19,79	30 / 65,75 / 13,75	27,8 / 63 / 19,15	31 / 76,5 / 19,6	30 / 70 / 20,43	32 / 77,75 / 19,25	27 / 75,8 / 21,75
29,55	28,5	29,85	24,75	24,6	28,05	25,8	30	26,1	38,4
9,6	9,96	9,75	8,1	7,95	9,3	8,55	10,05	8,7	11,7
un peu mou, long	mou	mou, long	mou, long	mou, long	court, ferme	assez court, ferme	assez long, assez ferme	assez ferme et long	mou, long
67,51	65	67,3	67,27	67,69	66,84	66,88	66,5	66,66	69,53
»	14,5	14,78	15,	15,04	14,8	15,2	14,8	15,16	15
12'5	13'	12'12	11'51 11'02	10'51	12'15 12'13	15'26 14'2	11'46 14'25	12'51	11'
21'	21,23	21'52	22'5 23'15	19'38	23'26 25'7	28' 27'32	23'25 23'25	23'30	23'8

TABLEAU 27. — *Analyse*

	1re Série : Cherrueix				
	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	Parcelle 5
Matière grasse %	1,04	0,96	1,13	0,98	0,99
Cendres	0,55	0,55	0,54	0,55	0,56
Acidité (en gr. de $SO4^2H^2$) %	0,0588	0,0627	0,0588	0,0627	0,0627
Azote total de la farine	1,967	1,855	1,806	1,89	1,813
Azote soluble dans l'eau	0,42	0,476	0,42	0,42	0,42
Rapport $\frac{\text{Az. soluble}}{\text{Az. total}} \times 100$	21,3	25,57	23,25	22,22	23,16
Extrait total sec (gluten)	12,21	12,9	13,35	12,51	11,55
Azote total (du gluten)	1,428	1,530	1,512	1,588	1,512
Gliadine totale	7,79	6,90	8,28	8,51	8,61
Azote de la gliadine	1,256	1,095	1,260	1,302	1,260
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{extrait total}} \times 100$	63,8	53,49	62,03	68,64	74,55
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. gluténine}}$	7,3	2,52	4,09	4,91	5,08
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. extrait total}} \times 100$	87,25	71,56	88,33	81,98	83,33
Gluten calculé	8,92	9,56	9,45	9,92	9,45
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluten calculé}}$	87,33	72,17	81,61	86,49	91,11
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$	1,76	1,15	1,63	2,18	2,92
Coefficient par lequel ×Az. de l'extrait pour obtenir l'extrait sec	8,55	8,43	8,82	7,87	7,63
Coefficient par lequel ×Az. de l'extrait pour avoir la gliadine	6,2	6,3	6,57	6,58	6,83

des farines (suite).

2e Série : La Bohalle					3e Série : Denizé				
Parcelle 6	Parcelle 7	Parcelle 8	Parcelle 9	Parcelle 10	Parcelle 11	Parcelle 12	Parcelle 13	Parcelle 14	Parcelle 15
1,18	0,99	1,22	1,10	1,18	0,98	0,94	0,95	1,03	0,99
0,68	0,5	0,52	0,55	0,56	0,51	0,46	0,48	0,5	0,58
0,066	0,0548	0,0588	0,0588	0,0588	0,086	0,09	0,078	0,082	0,078
1,757	1,379	1,575	1,428	1,386	1,4	1,47	1,54	1,435	1,948
0,364	0,35	0,364	0,336	0,35	0,434	0,336	0,406	0,336	0,434
20,71	25,38	23,11	23,52	25,25	30,28	22,85	26,36	23,41	22,27
9,6	9,96	9,75	8,1	7,95	9,3	8,55	10,05	8,7	11,7
1,512	1,26	1,323	1,26	1,176	1,218	1,302	1,323	1,260	1,701
7,82	5,61	6,15	5,73	5,28	5,25	6,03	6,06	6,15	7,56
1,218	0,882	0,966	0,882	0,756	0,966	1,008	1,008	0,966	1,260
81,46	56,33	63,08	70,73	66,42	56,46	70,53	57,72	70,69	64,62
4,14	2,33	2,70	1,63	1,80	3,81	3,43	3,2	3,28	2,85
80,55	70	72,26	70	64,29	79,31	77,42	76,19	76,66	74,07
9,45	7,87	8,26	7,87	7,35	7,61	8,13	8,27	7,87	10,63
82,75	71,28	71,83	74,45	72,80	68,98	74,26	73,27	78,14	71,11
4,39	1,28	1,70	2,41	1,97	1,29	2,39	1,51	2,41	1,82
6,34	7,97	7,37	6,42	6,76	7,63	6,56	7,93	6,9	6,87
6,42	6,36	6,36	6,49	6,98	5,43	5,98	6,01	6,35	6

TABLEAU 27. — *Analyse*

	4e Série : Acigné				
	Parcelle 16	Parcelle 17	Parcelle 18	Parcelle 19	Parcelle 20
Date de mouture	18-11-36	23-11-36	23-11-36	23-11-36	24-11-3
Poids du blé avant mouillage	3,900	4,660	4,040	6,450	5,605
Humidité du blé	14,5	14,45	14,45	14,35	14,75
Quantité d'eau ajoutée	70	90	75	120	88
Poids du blé mis en mouture	3,920	4,600	4,100	6,525	5,690
Farine de broyage %	17,9	17,2	17,9	17,7	18
Farine totale %	72	72,1	70,9	72	71
Remoulages %	3,4	3,3	3,5	3,2	3,3
Bâtards %	12,3	12,2	12,7	13,1	13,6
Sons %	11,2	12,1	12,2	10,7	11,8
Perte %	0,8	»	0,7	0,9	0,3
W. à l'extensimètre P	32	30	26	30	23
W. à l'extensimètre	96,35	77,5	77,77	84,8	65
W. à l'extensimètre G	21,69	24,6	25	23,78	25,5
Gluten humide %	30,15	31,65	33	36	34,8
Gluten sec	10,20	10,35	10,5	10,8	10,8
Caractères du gluten	mou	mou	très mou	très mou	très mou
Coefficient d'hydratation	67,61	67,29	68,18	70	68,96
Humidité de la farine	15,2	14,88	14,92	14,96	14.6
Essai Pelsenke sur 5 g. de blé — Temps de gonflement	11'30	12'1	11'6	11'12	11'13
Essai Pelsenke sur 5 g. de blé — Temps de rupture	21'21	22'	21'3	22'1	21'5

des farines (suite).

5e Série : Beaupréau					6e Série : Touvre				
Parcelle 21	Parcelle 22	Parcelle 23	Parcelle 24	Parcelle 25	Parcelle 26	Parcelle 27	Parcelle 28	Parcelle 29	Parcelle 30
22-11-36	21-11-36	21-11-36	11-12-36	19-11-36	13-11-36	13-11-36	14-11-36	14-11-36	14-11-36
3 k	4	4	4,450	5	2,165	5,695	5,030	3,490	5,935
14,25	14,25	14,55	14,5	14,5	14,8	14,75	14,75	14,6	14,9
60cc	80	70	78	87,5	40	82	75	58	80
3,050	4,050	4,070	4,510	5,080	2,200	5,570	5,100	5,535	6
19,5	17,4	17,4	16,9	16	16,4	17,1	17	17,6	17,4
71	72,1	72,9	72,3	72	68,4	70,6	71	70,7	71
3,7	3,5	3,7	3,4	3,6	4,5	3,8	3,3	3,6	3,7
11	13,1	13	13,2	12,3	13,2	13	12'	12,4	13
13,2	10	9,9	10,1	11,3	11,2	12,6	13,3	13,3	12,2
1,1	1	0,5	1	0,7	2,7	»	0,3	»	0,1
24 / 61,75 \ 24,25	29 / 72,68 \ 26,37	29 / 72,6 \ 22,7	28 / 73,63 \ 22,58	30 / 72,35 \ 23,20	25 / 73 \ 24,17	29 / 78,5 \ 24	24 / 74 \ 23,35	24 / 58,45 \ 21,15	29 / 71 \ 22
24,90	29,40	25,5	28,2	27,15	34,8	34,05	31.80	30,42	41,40
8,55	9,75	8,85	9,6	9 3,	11,1	10,8	10,8	10,38	13,20
très mou	mou	mou	mou	mou	tig. mou, très long	assez ferme, long	mou, très long	mou, long	ferme, long
65,66	66,83	65,29	65,95	65,74	68,1	68,28	66,03	65,87	68,11
14,84	14,92	14,94	15,20	15,08	14,94	15,22	15,04	14,80	14,64
11'5	10'48 13'47	12'23	10'38	10'13 12'7	10'25	11'43 11'30	10'43 11'35	10'48	11'13
20'8	21'30 25'10	22'42	18'26	19'35 25'2	20'40	24'45 27'1	20'25 24'32	20'25	21'15

TABLEAU 27. — *Analyses*

	4e Série : Acigné				
	Parcelle 16	Parcelle 17	Parcelle 18	Parcelle 19	Parcelle 20
Matière grasse %	1,2	1,01	1,2	1,08	1,12
Cendres	0,56	0,46	0,62	0,82	0,65
Acidité (en gr. de SO^4H^2) %	0,066	0,053	0,053	0,055	0,058
Azote total de la farine	1,659	1,659	1,918	1,813	1,855
Azote soluble dans l'eau	0,504	0,504	0,560	0,518	0,56
Rapport $\frac{\text{Az. soluble}}{\text{Az. total}} \times 100$	30,37	30,37	29,19	28,56	30,18
Extrait total sec (gluten)	10,2	10,35	10,5	10,8	10,8
Azote total (du gluten)	1,47	1,55	1,60	1,575	1,407
Gliadine totale	6,78	6,30	7,02	6,99	6,87
Azote de la gliadine	0,949	1,008	1,142	1,142	1,092
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{extrait total}} \times 100$	66,48	60,82	66,86	64,73	63,63
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. gluténine}}$	1,83	1,84	2,49	2,63	3,46
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. extrait total}} \times 100$	64,56	65,03	71,37	72,5	77,61
Gluten calculé	9,18	9,68	10	9,84	8,79
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluten calculé}}$	73,85	65,07	70,2	71,08	78,18
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$	1,98	1,55	2,01	1,83	1,74
Coefficient par lequel ×Az. de l'extrait pour obtenir l'extrait sec	6,93	6,67	6,56	6,85	7,67
Coefficient par lequel ×Az. de l'extrait pour avoir la gliadine	7,14	6,25	6,14	6,12	6,29

des farines (suite).

5e Série : Beaupréau					Ce Série : Touvre				
Parcelle 21	Parcelle 22	Parcelle 23	Parcelle 24	Parcelle 25	Parcelle 26	Parcelle 27	Parcelle 28	Parcelle 29	Parcelle 30
1	1	0,98	0,95	0,98	1	1,16	1,16	0,96	1,24
0,46	0,51	0,45	0,40	0,40	0,58	0,51	0,56	0,50	0,61
0,0666	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588	0,1058	0,09	0,098	0,1019	0,1058
1.562	1,645	1,582	1,47	1,701	1,862	1,82	1,743	1,778	»
0,35	0,406	0,364	0,42	0,42	0,56	0,56	0,56	0,518	0,602
22,4	24,68	23	28,57	24,68	30,09	30,76	32,12	29,24	»
8,55	9,75	8,85	9,6	9,3	11,1	10,8	10,8	10,38	13,2
1,302	1,407	1,26	1,302	1,47	1,638	1,47	1,344	1,428	1,89
6,03	5,79	6,15	6,57	6,36	7,08	6.51	6,45	6,39	8,55
1,008	1,008	1,050	1,050	1,050	1,155	1,008	1,008	1,029	14,28
70,53	59,39	69,5	68,44	68,44	63,79	60,28	59,73	61,58	64,78
3,38	2,52	5	4,16	2,5	2,39	2,18	3	2,18	3,09
77,41	71,64	83,33	80,64	71,42	70,55	68,57	75	72,06	75,55
8,13	8,79	7,87	8,13	9,18	10,23	9,18	8,4	8,92	11,81
74,16	65,87	78,14	80,81	69,28	69,2	70,91	76,78	71,63	72,39
2,39	1,46	2,27	2,16	2,16	1,76	1,51	1,48	1,61	1,89
6,55	6,92	7	7,37	6,32	6,67	7,34	8,03	7,26	6,98
5,98	5,74	5,85	6,25	6,05	6,12	6,45	6,39	6,21	5.98

II. — Conclusions.

Comme termes de comparaison, nous choisissons pour chacune des séries, les facteurs suivants qui ont été donnés par les différents auteurs comme jouant un rôle sur la valeur boulangère des blés : gluten et coefficient d'hydratation, rapport $\frac{\text{azote soluble dans l'eau}}{\text{azote total}}$ et rapport Fleurent $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

Enfin, parmi les déterminations physiques, nous avons choisi la détermination extensimétrique du W et la méthode « Pelsenke ».

L'examen des tableaux n° 27 montre que les variations des teneurs en matière grasse, cendres, acidité, sont très petites et permettent difficilement une comparaison utile.

Au point de vue $\frac{\text{azote total}}{\text{azote soluble eau}}$, nous rappelons que Rousseau et Sirot ont donné le cfiiffre de 5,2 comme caractéristique d'une bonne farine. Aucun de nos essais ne nous a donné ce nombre. Le rapport oscille entre 2,97 et 4,82.

De même, le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ de Fleurent permettant d'apprécier les farines, les classent en 3 catégories :

Rapport $\frac{75}{25} = 3$, bonne qualité boulangère.

Rapport $\frac{80}{20} = 4$, farine levant bien mais s'affaissant à la cuisson.

Rapport $\frac{66}{34} = 1{,}94$, farine levant mal ; pain lourd et indigeste.

L'examen de ces divers facteurs nous permet de faire les remarques suivantes.

1. **Série Tangue (Cherrueix).** — Cette série montre des farines à *très forte teneur en gluten* (11,55 à 13,55). Les caractères d'élasticité du gluten ont peu varié, cependant le blé de terre vierge a donné le gluten le plus mou. La parcelle 5, par contre, a donné la farine dont le gluten possède les meilleures caractéristiques de la série (assez ferme mais assez long). Le coefficient d'hydratation a peu varié (67,51 à 68,93).

Les variations du rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ sont relativement faibles; le plus mauvais rapport est celui de la parcelle 2.

Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ oscille entre 1,15 à 2,92, le plus mauvais rapport serait également donné par la parcelle 2. Le *meilleur* serait celui de *la parcelle* 5 (rapport $\frac{73}{27}$ très voisin de $\frac{75}{25}$ optimum).

Le *W* classe encore la *parcelle 5 comme la meilleure*, mais range le blé vierge comme étant le plus mauvais.

Le *Pelsenke* est minimum pour la parcelle 4, maximum pour la parcelle *5* qui est la *meilleure*.

L'allure de la courbe extensimétrique classe la parcelle 1 comme étant la plus mauvaise; la parcelle 5 serait une des meilleures bien qu'encore tout à fait type 3, la parcelle 3 donne le meilleur graphique.

En résumé, le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$, le W, le Pelsenke classent la parcelle 5 *comme étant la meilleure, c'est celle qui a reçu le plus de potasse et qui a eu également le meilleur rendement.*

2. **Série Alluvions de Loire.** — *Le taux de gluten de cette série est faible* (7,95 à 9,96) et ce dernier conserve sans modifications ses caractères d'élasticité, il reste mou et long. Le coefficient

d'hydratation reste voisin de 67, sauf pour la parcelle 7, où il s'abaisse à 65 correspondant à un gluten moins long.

Le rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ varie peu : (20,71-25,25), il permettrait de classer le blé vierge (parcelle 6) comme le meilleur et celui de la parcelle 7 comme le plus mauvais.

Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ varie de 4,39 à 1,28. La meilleure farine serait celle de la parcelle 9. Le blé de la parcelle vierge 6 donnerait une farine levant bien, mais s'affaissant au four.

Le *W* classe le blé de la parcelle vierge 6 comme le meilleur, les blés des 4 autres parcelles étant très voisins.

Au point de vue allure de courbes extensimétriques les meilleures appartiendraient aux parcelles 9 et 10. La courbe de la parcelle 6 serait la plus mauvaise comme étant la plus allongée. La parcelle 9 est celle où le *sulfate d'ammoniaque a remplacé entièrement le nitrate de Na.*

Le Pelsenke est minimum pour la parcelle 10, maximum pour la parcelle 9. *Ici encore le Pelsenke, le rapport* $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ *ainsi que la courbe extensimétrique classent la parcelle 9 comme la meilleure.*

3. **Série Denizé (Tuffeau).** — Dans cette série, le gluten est assez variable (8,55 à 11,7), il est, en moyenne, assez fort. Les caractéristiques d'élasticité de ce gluten sont les meilleures de nos essais. Toutes les parcelles sauf la parcelle 15 (à gluten mou et long) donnent des farines à gluten assez ferme et court.

Le coefficient d'hydratation varie peu (66), il est légèrement inférieur à celui des autres séries, sauf pour la parcelle 15 (coefficient 69) correspondant à un gluten mou.

Au point de vue rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$, les parcelles les plus mauvaises seraient la parcelle vierge 11 (rapp. : 30,28) et la parcelle 13 (rapp. 26,36).

Comme rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$, les parcelles 12 (rapport $2{,}39 = \frac{71)}{29)}$ et 14 (rapport $2{,}48 = \frac{73)}{27)}$ donneraient des farines très satisfaisantes. Les parcelles 13 et 11 (vierge) seraient les plus mauvaises. Le W classe encore la parcelle vierge 11 comme la plus mauvaise, ainsi que la parcelle 13.

L'allure des courbes montre, qu'à part la parcelle 15 qui reste franchement type 3, on a une tendance très marquée dans cette série vers l'allure 2. Au point de vue allure, le plus mauvais blé serait celui de la parcelle 15; le 14 serait le meilleur, 11, 12, 13 étant comparables. Le « Pelsenke » n'indique aucune différence entre les blés de cette série, sauf pour la parcelle 12 qui serait la meilleure.

Pelsenke et rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ classent la parcelle 12 comme la meilleure.

En résumé, les parcelles 12 et 14 donnent des farines de caractères assez voisins. Elles ont reçu, pour la parcelle 12, la fumure normale; pour la parcelle 14, un très léger apport supplémentaire de sulfate d'ammoniaque. De plus, dans cette parcelle, on a substitué le sulfate de potassium au chlorure. La parcelle 12 a donné d'ailleurs un rendement supérieur à celui de la parcelle 14.

4. **Série Acigné (Argile de Rennes).** — Le gluten est très constant dans toute la série (10,2 à 10,8), mais ses caractéristiques sont mauvaises, il est mou. Le coefficient d'hydratation est assez constant (67,61 à 70).

Le rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ est toujours élevé (28,56 à 30,37) et classerait tous les blés parmi les blés mauvais.

Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ classerait 16 (vierge) et 18 comme les meilleurs de la série, quoique bien médiocres, le plus mauvais serait le n° 17.

Le W classerait encore le blé de terre vierge comme le meilleur, puis celui de la parcelle 19. Le plus mauvais serait donné par la parcelle 20.

L'allure des courbes sur ce terrain argileux est tout à fait homogène et appartient au type 3 bien caractérisé.

Le Pelsenke est très constant, le chiffre donné par la parcelle 19 est le meilleur. La parcelle 19 est donc classée la première par le Pelsenke, le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ et le W. Elle a reçu la fumure normale et a donné le meilleur rendement de la série.

5. **Série Beaupréau (Argile du Choletais).** — Le gluten est moyennement élevé et assez constant (8,55 à 9,75), les caractères en sont peu variables; c'est un gluten mou.

Le rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ classerait la parcelle 21 (blé sur terre vierge) comme le meilleur, le blé de la parcelle 24 étant le plus mauvais.

Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$, très constant, classerait les parcelles 21, 23, 24 et 25 comme ayant donné des farines de valeur boulangère identique, valeur d'ailleurs médiocre. La parcelle 22 aurait donné le blé le plus mauvais.

Le W très constant, sauf pour la parcelle 21 (terre vierge), classe le blé donné par cette parcelle comme le plus mauvais.

Au point de vue allure de courbe, de même que sur argile de Rennes, toutes les courbes sont du type 3. La courbe de la parcelle 21 (terre vierge) est particulièrement mauvaise. Le Pelsenke est très constant et ne permet pas de conclusions.

6. **Série Touvre (Jurassique).** — Le gluten, dans cette série, est très élevé et variable (10,38 à 13,30). Deux parcelles donnent des farines à gluten présentant des caractères d'élasticité différents, ce sont les numéros 27 et 30 dont le gluten est assez ferme. Les coefficients d'hydratation varient de 66,03 à 68,28, c'est-à-dire sont assez élevés.

Le rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ est très élevé (29,24 à 32,12), ce qui classerait toutes les farines de cette série parmi les farines mauvaises (la parcelle 28 étant la plus défectueuse).

Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$, très constant, classe également ces blés parmi ceux à très mauvaise valeur boulangère.

Le W est assez constant et classerait la parcelle 29 comme étant la plus mauvaise.

L'allure des courbes, manifestement d'allure 3, ne permet guère de différencier les blés au point de vue valeur boulangère. Tous sont de mauvaise qualité si on en juge par la courbe extensimétrique. Le Pelsenke le meilleur appartient au blé de la parcelle 27, ce qui serait en accord avec son W, maximum pour la série, mais en désaccord avec le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

De l'examen de ces différentes farines, il reste que la nature du terrain et des engrais a modifié d'une façon assez profonde les constantes analytiques des différents blés. La série « tangue » donne les meilleures farines.

Avant de terminer ce paragraphe, deux remarques d'ordre général s'imposent : 1° La farine témoin obtenue à partir du blé de semence donne un taux d'azote total de 1,848 %, le rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ est de 26,66, le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}} = 2{,}46 = \frac{73}{27}$, c'est-à-dire voisin de l'optimum, l'essai Pelsenke donne un chiffre moyennement élevé. Mais le W est petit : 60 à 65. Cependant, l'allure de la courbe extensimétrique est franchement type 2. De fait, le blé de comparaison nous a fourni un pain qui n'est pas sensiblement inférieur à ceux de nos essais ainsi que le montre la photographie que nous donnerons page 187.

2° L'examen des chiffres analytiques montre qu'il serait peut-être préférable de remplacer le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ de M. Fleurent, par le rapport $\frac{\text{azote de la gliadine}}{\text{azote de la gluténine}}$, c'est-à-dire $\frac{\text{N gliadine}}{(\text{N gluten total} - \text{N gliadine})}$.

On trouve, en effet, des différences assez grandes dans la valeur du coefficient par lequel il faut multiplier l'azote de la gliadine pour obtenir la gliadine extraite. Le rapport classique de 6,25 doit être modifié sensiblement et jamais d'une manière fixe (moyenne 6,49 pour la série sur tangue, 6,52 sur alluvions de Loire, 5,95 pour les tuffeaux, 6,93 pour l'argile d'Acigné, 6,83 pour l'argile de Beaupréau, 6,23 pour le jurassique).

Il semblerait que la teneur en azote de la gliadine diffère suivant la nature du sol, ce qui serait une preuve de l'inconstance de la composition de cet albuminoïde.

La différence est encore plus grande pour le coefficient permettant de passer au gluten total à partir de l'azote total de ce gluten. Le coefficient est en moyenne de 8,26 pour la tangue, 6,97 pour les alluvions de Loire, 7,17 pour le Tuffeau, 6,93 pour l'argile de Rennes, 6,83 pour l'argile du Choletais, 7,25 pour le Jurassique. La variation si grande de ce rapport est en liaison directe avec le pourcentage en gluten. Plus celui-ci est élevé, plus il retient d'impuretés, et plus le coefficient s'élève.

E. — ACTION DE QUELQUES FACTEURS SUR LES RAPPORTS ANALYTIQUES ET LES DÉTERMINATIONS EXTENSIMÉTRIQUES

I. — Action du sol.

Comme dans l'examen des blés nous ne comparerons ici que les farines tirées des blés cultivés sur les trois espèces de terrains

du Maine-et-Loire. Le Tuffeau a donné les farines les plus glutineuses; leur gluten présentait le coefficient d'hydratation le plus élevé. Les essais Pelsenke ont donné également les chiffres les plus élevés. Par contre pour les trois sortes de sols examinés, les farines ont donné des rapports moyens $\frac{\text{azote soluble}}{\text{azote total}}$, $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$, W, P et G très voisins.

II. — Action des engrais en général.

Sur « *Tangue* » les engrais ont augmenté notablement le W (65,5 pour la parcelle vierge; 89 à 108 pour les parcelles avec engrais). La teneur en gluten n'a subi que de faibles variations soit en plus, soit en moins. Le coefficient d'hydratation du gluten est remarquablement stable et élevé dans cette série (68,57). Les essais Pelsenke, le rapport $\frac{\text{azote soluble}}{\text{azote total}}$, n'ont donné que de légères fluctuations. Par contre, le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ est presque toujours augmenté, bien que restant encore très faible (1,93 en moyenne).

Sur « *Alluvions de Loire* » les engrais ont au contraire notablement diminué le W des farines (87-67,68), le gluten a varié légèrement dans les deux sens, le coefficient d'hydratation n'a pas été modifié sensiblement. Le Pelsenke donne des chiffres voisins pour toutes les parcelles. Par contre, le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ a été accru par les engrais (20,71 à 25,38). Les fluctuations du rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ sont très considérables dans cette série.

Sur « *Tuffeau* » les engrais ont toujours augmenté légèrement le W (63 à 77,75). Le gluten a varié dans les deux sens. Le coefficient d'hydratation n'a subi de variation que pour une parcelle.

Le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ a été considérablement diminué pour toutes les parcelles avec engrais (30,28-22,27). Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ a toujours été augmenté (1,29-2,41).

Sur « *Argile de la Vallée de Vilaine* » les engrais ont eu une action dépressive sur le W. La teneur en gluten s'est peu modifiée mais a toujours plutôt été augmentée. Il en est de même du coefficient d'hydratation (67,61-70). Le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ est resté très élevé (29,73 en moyenne). Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ n'a pas sensiblement été modifié. Les chiffres donnés par la méthode de Pelsenke sont très homogènes dans cette série.

Sur « *Argile du Choletais* » les engrais ont été légèrement améliorants quant à leur action sur le W (61,75-70). Le gluten a toujours été augmenté (8,35-9,75). Le coefficient d'hydratation est resté très constant, les chiffres Pelsenke n'ont guère varié. Le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ s'est élevé plus ou moins pour toutes les parcelles avec engrais (22,4-28,57). Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ s'est abaissé dans un cas, et n'a guère changé pour les trois autres parcelles.

Sur « *Jurassique* » les engrais n'ont abaissé le W que pour une parcelle. Il est resté constant pour les autres. Le gluten s'est abaissé très légèrement sauf pour une parcelle où il a fortement augmenté. Le coefficient d'hydratation s'est maintenu pour certaines parcelles, a diminué pour d'autres. Les chiffres Pelsenke n'ont pas varié. Les rapports $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ sont restés à peu près constants et très élevés (30 environ). Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ n'a que peu varié et est resté faible (1,65 en moyenne).

III. — Action de l'azote sous forme nitrique ou ammoniacale.

Sur « *Alluvions* » la substitution du sulfate d'ammoniaque au nitrate de soude dans la fumure n'a que peu touché le W, mais a abaissé la teneur en gluten. On n'enregistre pas d'action sur le coefficient d'hydratation ni sur le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ mais, par contre, le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ a été considérablement augmenté (2,41 au lieu de 1,28 à 1,97 pour les autres parcelles avec engrais).

Sur « *Tuffeau* » la suppression du sulfate d'ammoniaque et l'utilisation d'une très forte dose de nitrate, est restée sans action sur le W, a fortement augmenté la teneur en gluten et son coefficient d'hydratation, a diminué le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ et augmenté fortement le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

Sur « *Argile du Choletais* » le remplacement du sulfate d'ammoniaque par le nitrate à dose moyenne, n'a pas touché le W ni la teneur en gluten, ni le coefficient d'hydratation, ni le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ ni le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

Sur « *Jurassique* » un fort apport d'azote nitrique en remplacement du sulfate d'ammoniaque, n'a pas eu d'influence sur le W mais a augmenté considérablement la teneur en gluten. On ne remarque aucune modification notable du coefficient d'hydratation ni du rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

En résumé, il semble que la fumure azotée n'agit que peu sur les propriétés plastiques du gluten (W) mais qu'elle agit, proportionnellement à la dose utilisée, sur la teneur en protéines et aussi sur les caractéristiques chimiques de ces protéines.

Dans certains sols, on devra préférer le sulfate d'ammoniaque (alluvions), dans d'autres, le nitrate (terres calcaires en particulier).

IV. — Action de l'acide phosphorique.

Sur « *Tangue* », l'acide phosphorique en excès marque une action légèrement dépressive sur le W (89-92 à 108), peu d'action sur la teneur en gluten, sur son coefficient d'hydratation, sur le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$, mais le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ est sensiblement augmenté.

Sur « *Tuffeau* » l'acide phosphorique marque encore une légère action dépressive (W = 70 contre 75,8 à 77,75). Mais il donne une forte augmentation de la teneur en gluten sans changer son coefficient d'hydratation. Le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ a été augmenté comparativement aux autres parcelles. Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ est resté faible.

Sur « *Argile de la Vallée de Vilaine* » l'acide phosphorique a été nettement dépressif sur le W (65-77,5 à 84,8); sans action sur la teneur en gluten, il a légèrement élevé le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$, mais le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$. est resté faible.

Sur « *Jurassique* » l'acide phosphorique n'a pas eu d'action sur le W, ni sur la teneur en gluten; de plus, il a augmenté sensiblement le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ et a abaissé le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

En résumé, l'acide phosphorique en quantité supérieure à une fumure normale, exerce une action légèrement dépressive sur le W. Il marque peu d'action sur la teneur en gluten, sauf

sur tuffeau où il l'a augmenté. Il augmente la valeur du rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ et agit peu sur le coefficient $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$, l'augmentant ou le diminuant cependant dans certains cas.

V. — Action des engrais potassiques.

Sur « *Tangue* » la potasse en excès a déterminé le W le plus fort de la série (108), le gluten le plus faible. Elle n'a pas agi sur la valeur du coefficient d'hydratation ni du coefficient $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$.

Par contre, elle a donné une augmentation marquée du rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

Sur « *Alluvions de Loire* » la potasse n'a pas eu d'action sur le W, a donné un abaissement marqué de la teneur en gluten, n'a eu que peu d'action sur le coefficient d'hydratation, le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ et a légèrement augmenté la valeur du rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

Sur « *Argile de la Vallée de Vilaine* » la potasse a augmenté sensiblement le W (84,8 au lieu de 65 à 77,7 pour les autres parcelles avec engrais). On enregistre une légère augmentation du gluten, et de son coefficient d'hydratation, un léger abaissement du rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$, mais le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ n'a pas été touché.

Sur « *Argile du Choletais* » la potasse n'a pas touché le W (72,6-72,68), a diminué le gluten (8,85 au lieu de 9,75), abaissé le coefficient d'hydratation (65,29 au lieu de 66,83), diminué $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ (23-24,68), augmenté $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ (2,27 au lieu de 1,46).

En résumé, sur les sols examinés, la potasse n'a pas exercé d'action dépressive sur le W et l'a deux fois sensiblement augmenté. Elle diminue ou augmente légèrement la teneur en gluten suivant les sols, elle n'agit que peu sur les coefficients d'hydratation et sur le rapport $\frac{\text{azote soluble}}{\text{azote total}}$. Elle ne diminue pas et augmente parfois le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

VI. — Action de la magnésie.

Sur « *Tangue* », l'apport de magnésie n'a pas eu d'action sur le W, a déterminé une légère augmentation du gluten dont le coefficient d'hydratation a été légèrement diminué. Cet élément ne paraît pas avoir eu d'action sur les rapports $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ et $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

Sur « *Alluvions de Loire* » le W reste inchangé (65,5-69,5), la teneur en gluten très légèrement abaissée, et son coefficient d'hydratation, est légèrement augmenté. La magnésie paraît avoir légèrement abaissé le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ et relevé très légèrement le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.

En résumé, sur deux sols différents, la magnésie n'a pas donné d'action sensible sur le W et les rapports chimiques.

VII. — Action de la substitution du sulfate de potassium au chlorure

Sur « *Tuffeau* » cette substitution a déterminé une légère augmentation du W, et une légère diminution de la teneur

en gluten, dont le coefficient d'hydratation n'a pas varié. Le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ a été abaissé, le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ fortement augmenté.

Sur « *Jurassique* » la substitution a amené une forte diminution du W (58 au lieu de 78,5). On enregistre aussi une légère diminution de la teneur en gluten dont le coefficient d'hydratation a été sensiblement diminué (65,87-68,28). Le rapport $\frac{\text{N soluble}}{\text{N total}}$ a diminué légèrement et le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ n'a guère été modifié.

En résumé, sur ces deux terrains fortement calcaires, l'action de la substitution du sulfate de potasse au chlorure n'a pas été la même. Cette constatation peut s'expliquer par la richesse centésimale en soufre de la terre de Charente (0,204 %) comparativement à celle du tuffeau (0,081 %).

CHAPITRE V

ESSAIS DE PANIFICATION

Cette méthode d'évaluation de la qualité du blé est la plus rationnelle puisqu'elle suit ce dernier jusqu'à son utilisation. Cependant, elle n'est pas sans inconvénient : elle est difficile à employer dans les laboratoires; de plus, on est conduit au dilemme suivant :

1° Ou bien « standardiser » la méthode de panification. Cette façon de faire est critiquable, car une légère variante dans la durée de pétrissage, dans celle de la première ou de la deuxième fermentation, une avance ou un retard dans l'heure d'enfournage ou de défournement, une addition plus grande ou plus petite d'eau au pétrissage, peuvent parfois améliorer les résultats.

2° Ou bien laisser le boulanger libre de choisir le procédé de panification le plus convenable à chaque farine, d'utiliser la méthode de fermentation sur levain ou sur levure, et de juger, sur plusieurs essais, si la farine examinée est susceptible de donner un bon résultat.

Dans les longs tableaux suivants, nous avons relevé tous les résultats de panification et les caractères physiques et organoleptiques des pains obtenus tant sur levure que sur levain. Pour obtenir un travail judicieux, rappelons que nous avons demandé la collaboration d'un boulanger averti.

Des essais préliminaires faits avant de traiter chaque série conduisaient déjà à une technique à peu près exacte. La partie délicate consistait à doser exactement la quantité d'eau à ajouter à la farine pour obtenir la pâte de consistance optimum. Un

technicien habile évalue facilement cette quantité d'eau surtout quand il travaille sur des farines peu différentes. Ajoutons que, pour éliminer l'influence de la cuisson à des températures variées, nous avons utilisé un petit four à gaz permettant d'obtenir les 5 pains de chaque série dans les mêmes conditions de température.

Nous faisons observer enfin, que nous n'avons pu nous arrêter à relever les caractères de chaque pain en particulier, mais seulement ceux de la série. Ces séries présentent, en effet, parfois des différences très nettes au point de vue organoleptique, différences qui ne peuvent tenir qu'à la nature du sol et nous conduisent déjà à la notion de « cru ».

A. — ESSAIS DE PANIFICATION SUR LEVURE

Dans les tableaux n° 28 on trouvera les résultats complets de nos essais de panification. En particulier, nous avons noté le poids de farine et d'eau utilisées pour la confection de la pâte, l'humidité, l'acidité de cette pâte, les temps de fermentation, de cuisson, enfin, les caractères physiques et organoleptiques des pains obtenus (1).

Comme il est coutume en boulangerie pour les petits pains d'un kilogramme environ faits sur levure, nous avons opéré en moule métallique.

---

(1) Sur les blés d'alluvions de Loire, de tuffeau et d'argile du Choletais, nous avons fait, comme nous le verrons page 186, une deuxième série de mouture. Les farines obtenues portant le numéro de la parcelle dont elles proviennent, ont été affectées du signe distinctif « bis ». Elles ont été panifiées en même temps que nos autres farines et les résultats ont été consignés dans les mêmes tableaux.

TABLEAU 28. — *Panification s*

(Pour un pain de 1 kilog. environ, utilis

	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4	Parcelle 5	Parcelle 6	Parcelle 7	Parcel 8
Poids de farine (en grammes)	750	750	750	750	750	750	750	750
Poids d'eau.....	530cc	515	515	515	510	500	500	460
Prélèvement (dosage: acidité, humidité) (en grammes) .	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+
Humidité de la pâte %.....	54	53,41	54,82	55,67	55,1	55,63	56,03	56,9
Acidité de la pâte %.....	0,145	0,115	0,101	0,101	0,075	0,108	0,097	0,15
Fermentation, temps de cuisson.....	Mise en forme (moule : 28 cm. sur 9 cm. 5) 2 h. 1/2 après le pét la pâte. Entre la mise en forme et l'enfournement. 2 h.							
Hauteur du pain (en cm.).. (28×9,5×x) = V.	10,25	11	10	10,25	11,5	12	13	12,5
Poids du pain chaud (en kg.).	1k070	1,1	1,1	1,1	1,1	1,08	1,06	1,03
Poids du pain froid (en kg.).	1,040	1,060	1,060	1,060	1,060	1,040	1,030	1
Volume du pain froid.....	2460cc	2370	2470	2300	2360	2730	2430	2460
Caractères organoleptiques du pain.	Goût agréable; odeur de farine; couleur crème de la mie; celle de la croûte est blond doré; la mie est abondamment et régulièrement trouée de petits alvéoles.					Goût un peu fade où domine celle de châtre ; développé fermentation ; nomb liers ; croûte jaunât		

vure en moule métallique.

gr. farine, 7 gr. 5 levure et 11 gr. 5 sel)

rcelle 9	Parcelle 10	Parcelle 6 *bis*	Parcelle 7 *bis*	Parcelle 8 *bis*	Parcelle 9 *bis*	Parcelle 10 *bis*	Parcelle 11	Parcelle 12	Parcelle 13	Parcelle 14	Parcelle 15
750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
470	460	455	445	445	450	430	465	460	470	473	482
5+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5
6,68	57,03	54,73	55,99	55,17	53,43	55,18	55,68	55,58	55,09	52,67	54,36
,105	0,105	0,064	0,069	0,071	0,068	0,069	0,079	0,079	0,079	0,088	0,077

e; on fait alors les prélèvements (25 gr. + 5 gr.); pour le dosage de l'acidité et de l'humidité de
h. 1/2 suivant les pâtes. La température du four est de 300°-260°. La cuisson dure 1 h. 1/2.

12	12,5	12	12,5	13	13	13,5	12	12,5	12	12	11
,065	1,01	1,070	1,060	1,050	1,020	1,050	1,065	1,055	1,060	1,080	1,075
,030	0,980	1,035	1,020	1,015	980	1,010	1,050	1,025	1,030	1,045	1,040
2530	2555	2455	2440	2640	2730	2895	2500	2435	2450	2430	2570

ssez agréable ouleur blanment à la éoles irrégu-

Saveur agréable, bonne odeur; couleur crème clair de la mie; assez bien alvéolé; la croûte est d'or pâle; la séparation est nette entre mie et croûte.

Très bon goût; odeur agréable; couleur grise de la mie; structure irrégulière; trop grands trous à la partie supérieure; croûte blonde mal séparée de la mie.

TABLEAU 28. — *Panification s*

(Pour un pain de 1 kilog. environ, utilis

	Parcelle 11 *bis*	Parcelle 12 *bis*	Parcelle 13 *bis*	Parcelle 14 *bis*	Parcelle 15 *bis*	Parcelle 16	Parcelle 17	Parcel 18
Poids de farine (en grammes).	750	750	750	750	750	750	750	750
Poids d'eau (en grammes)..	450	435	430	440	450	468	465	470
Prélèvement.....	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+
Humidité.....	54,73	55,99	55,17	53,43	55,18	55,3	55,12	54,2
Acidité (SO^4H^2 %).....	0,064	0,069	0,071	0,068	0,069	0,124	0,132	0,15
Fermentation, température, cuisson.....	Mise en forme (moule : 28 cm. sur 9 cm. 5) 2 h. 1/2 après le pét la pâte. Entre la mise en forme et l'enfournement, 2 h.							
Hauteur du pain (en cm.)...	12	11,5	11,5	11	12	12	12,5	12
Poids du pain chaud (en kg.)	1,050	1,040	1,040	1,040	1,040	1,080	1,068	1,07
Poids du pain froid (en kg.)..	1,007	1,016	1,019	1,023	1,018	1,052	1,030	1,04
Volume du pain froid.....	2475	2265	2475	2245	2350	2375	2675	2645
Caractères organoleptiques.	Bon goût; odeur agréable; couleur gris crème; la croûte est brune; aspect compact avec des trous fins et serrés, bien répartis; la séparation entre mie et croûte est assez nette.					Goût agréable; o couleur gris brun pr et compact avec un trous régulièrement peu gonflé ; bonne et croûte.		

vure en moule métallique (suite).

0 gr. farine, 7 gr. 5 levure et 11 gr. 5 sel)

rcelle 19	Parcelle 20	Parcelle 21	Parcelle 22	Parcelle 23	Parcelle 24	Parcelle 25	Parcelle 21 *bis*	Parcelle 22 *bis*	Parcelle 23 *bis*	Parcelle 24 *bis*	Parcelle 25 *bis*
750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
465	470	470	450	450	455	445	450	450	450	450	450
5+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5
4,75	54,77	54,06	55,43	55,28	55,28	55,86	55	55,16	55,06	55,80	55,84
,155	0,119	0,074	0,072	0,078	0,069	0,07	0,097	0,096	0,096	0,098	0,098

ge; on fait alors les prélèvements (25 gr. + 5 gr.); pour le dosage de l'acidité et de l'humidité de 2 h. 1/2 suivant les pâtes. La température du four est de 300°-260°. La cuisson dure 1 h. 1/2.

13	12	11	12,5	12	12,25	12	11	11,5	11,5	11,5	12
,080	1,080	1,080	1,070	1,020	1,040	1,040	1,055	1,025	1,035	1,020	1,030
,040	1,040	1,040	1,030	0,990	1	1	1,020	995	1,000	990	992
2605	2410	2475	2495	2595	2765	2555	2190	2455	2160	2640	2450

e de levure; aspect mat d nombre de le pain a n entre mie	Goût agréable; bonne odeur de farine fraîche; mie blanchâtre; aspect léger, bien gonflé; la hauteur dépasse 12; la mie est criblée d'alvéoles réguliers et fins; croûte blond clair.	Bon goût; odeur agréable; mie gris brun, bien trouée d'alvéoles délicats; croûte jaunâtre, bien séparée de la mie.

TABLEAU 28. — *Panification sur Levure en moule métallique (fin).*

	Parcelle 26	27	28	29	30
Poids de farine utilisée..	375 g	750	750	750	750
Poids d'eau ajoutée.....	240	455	445	450	465
Prélèvement pour doser l'acidité et l'humidité.	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5
Humidité de la pâte....	55,11	54,45	55,30	54,64	55,16
Acidité de la pâte.....	0,1109	0,078	0,0796	0,0811	0,0929
Poids de pâte mise à lever	0,580	1,215	1,180	1,200	1,205
Opérations successives de la panification.....	Mise en moule de 28×9,5 2 heures 1/2 après le pétrissage; à ce moment, prélèvements pour le dosage de l'acidité et de l'humidité des pâtes. Fermentation : en moule 2 h. 1/4 à 2 h. 1/2. Température du four 300°-260°. Durée de cuisson : 1 h. 1/2.				
Hauteur du pain.....	10	11,5	12	11,5	11
Poids du pain chaud....	515	1100	1070	1050	1080
Poids du pain froid.....	490	1050	1030	1020	1040
Volume du pain froid...	1020cm³	2310	2265	2375	2235
Caractères organoleptiques (goût, odeur, couleur, structure)	Bon goût. Odeur peu sensible. Mie de couleur crème, lourde et peu développée offrant un aspect compact; les pores sont mal répartis, les grands à la périphérie. Croûte bien dorée ; mais la séparation entre mie et croûte est mal délimitée.				

B. — ESSAIS DE PANIFICATION SUR LEVAIN

Dans les tableaux n° 29 sont relevés tous les résultats de nos essais de panification sur levain. Pour ces essais nous avons choisi la forme ronde dite « boule de son » comme étant la meilleure pour la farine à traiter. La forme longue, que nous préférions, ne nous a permis d'obtenir, dans des essais préliminaires, que des pains absolument plats et très difficiles à comparer.

La forme « boule de son » laisse la pâte prendre son extension maximum, et par suite permet de juger au mieux ses propriétés d'élasticité et de tenue au four. Le pain plus volumineux donné par la texture à grands trous qui est le propre de la fermentation avec levain, ne pouvait guère se prêter à des essais sur moules.

TABLEAU 29. — *Panification*

	Cherrueix				
	1	2	3	4	5
Poids de farine utilisée	680	670	670	670	67
Poids d'eau ajoutée	500	480	500	480	48
Prélèvement (pour dosages : acidité et humidité de la pâte)	25+5	25+5	25+5	25+5	25-
Humidité de la pâte	45,25	42,73	45,6	45,45	44,
Acidité de la pâte en fin de ferment ($So_4^2H^2$)	0,113	0,122	0,129	0,117	0,1
Poids de pâte mise à lever	1210	1200	1210	1215	12
Heure de fin de pétrissage	6h.	6h.15	6h.30	6h.45	7h
Heure de mise en forme	11h.20	11h.40	11h.55	12h.5	12h
Heure de mise au four	15h.5	16h.	16h.15	16h.25	16h
Heure de la sortie du four	17h.5	17h.15	17h.30	17h.40	17h
Dimensions du pain : Hauteur	9,5	8,5	9	8.5	8
Dimensions du pain : Diamètre	27,4	29,9	25,56	27	28,
Poids du pain chaud	980	975	920	930	90
Poids du pain froid	966	970	908	922	87
Volume du pain froid	2400	2540	2600	2745	24
Caractères organoleptiques.	Goût agréable. Odeur de farine. Couleur crè de la mie. Les alvéoles sont petits, b formés. séparés par une mince pellicu quelques grands trous à la périphé Croûte dorée.				

vain (forme ronde).

La Bohalle					La Bohalle				
6	7	8	9	10	6 *bis*	7 *bis*	8 *bis*	9 *bis*	10 *bis*
(100)	750 (100)	750 (100)	750 (100)	750 (100)	570 (100)	750	750	750	750
50	440 (50)	440 (50)	440 (50)	440 (50)	350 (50)	460	460	460	460
+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5
,12	44,5	44,66	44,29	44,39	45,6	45,57	44,9	44,83	44,33
207	0,192	0,235	0,266	0,203	0,219	0,197	0,211	0,189	0,188
160	1,155	1,170	1,155	1,160	850	1,190	1,170	1,180	1,170
h.50	5h.5	5h.15	5h.25	5h.35	7h.35	7h.40	7h.55	8h.5	8h.15
h.15	10h.20	10h.25	10h.30	10h.35	13h.	18h.15	13h.20	13h.30	13h.37
h.50	13h.55	14h.	14h.5	14h.10	18h.15	18h.20	18h.25	18h.30	18h.35
h.5	15h.10	15h.15	15h.20	15h.25	19h.30	19h.35	19h.40	19h.45	19h.50
h.5	9h.5	8h.5	8h.5	10h.	9h.	10h.	9h.5	9h.5	10h.
	23	23,5	23	20	20,5	21,5	21	21	22
005	0,980	1,005	0,970	0,970	0,710	0,970	1,000	1,000	0,970
978	0,960	0,980	0,947	0,950	0,695	0,960	0,985	0,990	0,953
600	2,560	2,890	2,625	2,540	2,230	2,360	2,410	2,420	2,455

Goût agréable. Odeur peu prononcée de ne. Mie de couleur crème. Texture très uée de grands alvéoles et de très nombreux its; bonne séparation entre mie et croûte.

Assez bon goût. Bonne odeur. Couleur presque blanche de la mie. Alvéoles nombreux, mais irréguliers, très serrés au centre et aspect compact, grands à la périphérie; séparation peu nette entre mie et croûte; croûte d'or pâle.

TABLEAU 29. — *Panificat*

	Denizé				
	11	12	13	14	1
Poids de farine utilisée	750 (100)	750	750	750	75
Poids d'eau ajoutée	455 (50)	450	450	450	47
Prélèvement (pour dosages : acidité et humidité de la pâte)	25+5	25+5	25+5	25+5	25+
Humidité de la pâte	44,99	44,84	44,93	43,85	44,
Acidité de la pâte ($SO^4 H^2$ %)	0,145	0,156	0,184	0,176	0,1
Poids de pâte mise en forme	1,160	1,160	1,160	1,165	1,1
Heure de fin de pétrissage	4h.35	4h.50	5h.	5h.10	5h.
Heure de la mise en forme	10h.25	10h.30	10h.35	10h.40	10h.
Heure de la mise au four	15h.25	15h.30	15h.35	15h.40	15h.
Heure de la sortie du four	16h.40	16h.45	16h.50	16h.55	17h.
Dimensions du pain — Hauteur	10	10	10	9,5	9,
Dimensions du pain — Diamètre	23	23	22	25	2
Poids du pain chaud	970	1,010	980	940	9
Poids du pain froid	960	970	945	910	9
Volume du pain froid	2,450	2,850	2,365	2,575	2,6
Caractères organoleptiques.	Saveur très agréable; odeur de levain fra couleur crème de la mie; bien fourni en alvéo dont quelques grands à la périphérie; cro bien dorée et nettement séparée de la mie.				

r Levain (suite).

Denizé (*bis*)					Acigné				
1 *bis*	12 *bis*	13 *bis*	14 *bis*	15 *bis*	16	17	18	19	20
750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
460	460	460	460	490	485	480	475	470	475
25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5	25+5
43,61	40,47	44,66	45,38	45,68	44,65	43,77	42,17	44,45	44,31
0,189	0,196	0,211	0,211	0,219	0,189	0,198	0,189	0,196	0,203
1,175	1,175	1,180	1,180	1,200	1,190	1,200	1,190	1,165	1,190
6h.55	7h.5	7h.15	7h.25	7h.35	9h.25	9h.37	9h.50	10h.	10h.10
3h.30	13h.37	13h.42	13h.45	13h.52	15h.5	15h.55	16h.5	16h.10	16h.15
8h.10	18h.15	18h.20	18h.25	18h.30	20h.15	20h.20	20h,25	20h.30	20h.35
9h.25	19h.30	19h.35	19h.40	19h.45	21h.30	21h.35	21h.40	21h.45	21h.50
9,5	8,75	8,75	9,25	10,5	7	9	7	9,5	10
22	22,5	22	22,5	23	26	26	26	24	23
1,110	1,095	1,090	1,070	1,080	0,960	1,000	0,960	0,980	1,000
0,977	0,963	0,967	0,940	0,955	0,930	0,976	0,926	0,943	0,968
2,265	2,485	2,325	2,385	2,660	2,300	2,410	2,335	2,460	2,425
Goût et odeur agréables; aspect grisâtre; la tructure est irrégulièrement criblée de trous ns et serrés; fort soulèvement et d'assez ombreux espaces vides; croûte d'un blond doré,					Goût fade; odeur d'acide. Couleur brune; nombreux trous mais irréguliers; aspect compact et lourd; croûte grise bien nettement séparée de la mie.				

TABLEAU 29. — *Panificatio*

	Beaupréau				
	21	22	23	24	25
Poids de farine utilisée	750	750	750	750	750
Poids d'eau ajoutée	480	470	475	465	465
Prélèvement pour dosages de l'acidité et de l'humidité de la pâte.	25+5	25+5	25+5	25+5	25+
Humidité de la pâte	44,03	43,96	45,25	44,45	44,4
Acidité de la pâte ($SO^4 H^2$ %)	0,207	0,221	0,207	0,231	0,21
Poids de pâte mise en forme	1,180	1,180	1,190	1,170	1,18
Heure de fin de pétrissage	7h.5	7h.17	7h.30	7h.40	7h.5
Heure de la mise en forme	13h.18	13h.25	13h.30	13h.38	13h.4
Heure de la mise au four	18h.30	18h.35	18h.40	18h.45	18h.5
Heure de la sortie du four	19h.45	19h.50	19h.55	20h.	20h.5
Dimensions du pain — Hauteur	10,5	9	9,75	9	10
Dimensions du pain — Diamètre	23	21	20	23	23
Poids du pain chaud	1,010	0,980	0,990	0,970	0,97
Poids du pain froid	0,975	0,962	0,955	0,942	0,94
Volume du pain froid	2,505	2,725	2,420	2,415	2,41
Caractères organoleptiques.	Goût agréable. Bonne odeur. Couleur blan crème de la mie; texture percée de nombreu trous très petits; quelques grands à la part supérieure. Croûte bien dorée et bien séparé de la mie.				

r Levain (suite)

Beaupréau (*bis*)					Touvre				
1 bis	22 *bis*	23 *bis*	24 *bis*	25 *bis*	26	27	28	29	30
640	750	750	750	750	660	750	750	750	750
400	470	470	470	470	410	480	475	475	500
5 +5	25 +5	25 +5	25+5	25+5	25+5	25 +5	25+5	25 +5	25+5
5,02	43,83	44,9	»	44,8	45,300	45,23	45,15	45,79	45,38
,243	0,243	0,239	0,235	0.235	0,196	0,188	0,207	0,188	»
,970	1,180	1,180	1,190	1,190	0,980	1,210	1,190	1,200	1,210
h.	5h.10	5h.25	5h.37	5h.50	7h.25	7h.40	7h.50	8h.5	8h.20
h.35	11h.40	11h.45	11h.50	11h.55	12h.52	13h.	13h.3	13h.8	13h.13
h.30	15h.35	15h.40	15h.45	15h.50	17h.40	17h.45	17h.50	17h.55	18h.
h.45	16h.50	16h.55	17h.	17h.5	18h.55	19h.	19h.5	19h.10	19h.15
6	7,5	8	8,25	9,5	8,5	8,5	8	8,5	9,25
22	22,5	22	22	23	24	26	25	22	23
,810	0,990	0,980	1,000	0,990	0,750	0,930	0,980	1,000	1,030
,772	0,970	0,951	0,964	0,958	0,730	0,900	0,948	0,965	0,987
,825	2,550	2,380	2,610	2,690	2,310	2,765	2,600	2,845	2,735
Goût légèrement acidulé. Odeur de levain. ouleur gris brun de la mie. Le pain est régu-rement troué d'alvéoles serrés, aspect com-ct; la croûte est jaunâtre.					Bon goût et bonne odeur. Couleur brune de la mie. Nombreux alvéoles, grands et petits, irrégulièrement répartis; pain plat et lourd d'aspect; la croûte est brune en dessus et dorée en dessous.				

C. — CLASSEMENT DES PAINS

Boldescu (206) propose une formule d'appréciation de la valeur du pain, formule que nous avons utilisée pour donner un coefficient de panification aux pains obtenus dans nos essais. Nous avons jugé cette méthode très judicieuse. Elle s'établit à l'aide des facteurs suivants :

a = volume spécifique du pain (c'est-à-dire volume d'un kilogramme de pain), $\frac{I}{D} = \frac{\text{longueur ou hauteur maximum}}{\text{diamètre maximum}}$, C = couleur de la mie (1 à 4 points), T = structure (1 à 5 pts), définie par l'aspect de la mie, la forme et la disposition des cavités, l'impression de légèreté ou de compacité, M = odeur (1 à 3 pts), N = goût (1 à 3 pts), F = aspect de la croûte (1 à 3 pts), H = capacité d'absorption d'eau (on compte 1 point par 2 % au-dessus de 49 %. L'auteur considère que pour la formule $(a + \frac{I}{D}) \times$ (couleur + structure + odeur + goût + aspect de la croûte + capacité d'absorption d'eau) = 100, on a affaire à une farine de bonne qualité.

En appliquant la formule ci-dessus exprimée, nous avons obtenu les 4 tableaux de classement suivants. Dans les 2 premiers (sur levure et sur levain) nous donnons les valeurs du coefficient de panification Boldescu accordées à nos farines classées par numéro d'ordre (y compris les blés des séries bis). Dans les deux autres tableaux nous classons les blés par ordre de la valeur de leur coefficient de panification en notant, pour chacun d'eux, les principaux rapports analytiques donnés comme définissant la valeur boulangère.

TABLEAU 30. — *Classement des pains sur levure.*

Numéro des pains	Volume spécifique	Rapport $\frac{l}{D}$	Couleur mie	Structure	Odeur	Goût	Aspect de la croûte	Capacité d'absorption d'eau	Cœfficient de panification
1	2,368	0,36	3	4,5	2	2	2	10,8	66,21
2	2,235	0,39	3	4	2	2	2	9,63	59,39
3	2,33	0,375	3	4	2	2	2	9,88	61,89
4	2,16	0,375	3	4	2	2	2	9,88	57,89
5	2,226	0,41	3	4,5	2	2	2	9,88	61,39
6	2,625	0,42	2	3	2	2	1 1/2	8,83	51,47
7	2,359	0,46	2	3	2	2	1 1/2	8,18	54,68
8	2,460	0,446	2	3	2	2	1 1/2	6,16	48,91
9	2,456	0,42	2	3	2	2	1 1/2	6,88	49,98
10	2,607	0,446	2	3	2	2	1 1/2	6,16	50,86
6 *bis*	2,372	0,428	3	3	3	2	2	5,88	52,86
7 *bis*	2,392	0,446	3	3	3	2	2	5,16	51,53
8 *bis*	2,600	0,464	3	3	3	2	2	5,16	55,64
9 *bis*	2,785	0,464	3	3	3	2	2	5,5	60,10
10 *bis*	2,866	0,48	3	4	3	2	2	4,16	60,76
11	2,380	0,62	2	4	2	3	2	6,5	54,60
12	2,375	0,446	2	4	2	3	2	6,16	54,04
13	2,378	0,42	2	4	2	3	2	6,88	53,62
14	2,325	0,42	2	4	2	3	2	7,08	54,97
15	2,471	0,39	2	4	2	3	2	8,966	62,84
11 *bis*	2,457	0,428	3	3,5	2	3	2	5,5	54,84
12 *bis*	2,229	0,41	3	3,5	2	3	2	4,5	47,50
13 *bis*	2,428	0,41	3	3,5	2	3	2	4,16	50,11
14 *bis*	2,191	0,392	2,5	3,5	2	3	2	4,83	46,10
15 *bis*	2,308	0,428	3	3,5	2	3	2	5,5	51,98
16	2,237	0,42	2	4	1	2	2	6,7	47,36
17	2,597	0,446	2	4	1	2	2	6,5	53,34
18	2,543	0,42	2	4	1	2	2	6,88	52,99
19	2,504	0,46	2	4	1	2	2	6,5	52,99
20	2,317	0,42	2	4	1	2	2	6,88	48,94
21	2,379	0,39	2	4	3	2	1	6,88	52,27
22	2,422	0,446	2	4	3	2	1	5,5	50,10
23	2,621	0,42	2	4	3	2	1	5,5	53,21
24	2,755	0,437	2	4,5	3	2	1	5,88	58,66
25	2,755	0,42	2	4,5	3	2	1	5,16	56,06
21 *bis*	2,146	0,392	2,5	4	2	2,5	2	5,5	46,95
22 *bis*	2,447	0,41	2,5	4	2	2,5	2	5,5	52,85
23 *bis*	2,16	0,41	2,5	4	2	2,5	2	5,5	47,71
24 *bis*	2,606	0,41	2,5	4	2	2,5	2	5,5	55,79
25 *bis*	2,469	0,41	2,5	4	2	2,5	2	5,5	53,26
26	2,081	0,356	3	2	2	2	2	7,5	45,08
27	2,2	0,42	3	2	2	2	2	5,88	44,05
28	2,2	0,42	3	2	2	2	2	5,16	42,23
29	2,328	0,41	3	2	2	2	2	5,5	45,17
30	2,149	0,39	3	2	2	2	2	6,5	49,68

TABLEAU 31. — *Valeur des éléments et rapports cara*
en fonction d

Coefficient de panification	Numéro d'ordre	W	N. total	Gliadine / Gluténine	Az. gliadine / Az. gluténine	Gliadine / Gluten calcul
	1	65,5	1,967	1,76	7,30	87,33
	15	75,8	1,948	1,82	2,85	71,11
	3	92	1,806	1,63	4,09	87,62
65 à 60	5	108	1,813	2,92	5,01	91,11
	10 *bis*	93,7	1,438	1,06	1,94	66,52
	9 *bis*	83,86	1,456	1,49	1,72	67,34
	2	94	1,855	1,15	2,52	72,17
	24	73,63	1,470	2,16	4,16	80,81
	25	72,35	1,701	2,16	2,5	69,28
60 à 55	4	89	1,89	2,18	4,91	86,45
	24 *bis*	73,25	1,47	1,61	1,51	72,05
	8 *bis*	104,98	1,652	1,29	1,33	61,11
	14	77,75	1,435	2,41	3,28	78,14
	11 *bis*	112,61	1,484	1,63	2,11	80
	7	69,5	1,379	1,28	2,32	71,28
	11	63	1,4	1,29	3,83	68,98
	12	76,5	1,47	2,39	3,43	74,16
	13	70	1,54	1,51	3,2	73,27
	25 *bis*	88,19	1,484	2,34	2,36	82,35
	17	77,5	1,659	1,55	1,84	65,07
	23	72,6	1,582	2,27	5	78,14
	19	84,8	1,813	1,83	2,63	71,03
55 à 50	18	77,77	1,918	2,01	2,49	70,7
	6 *bis*	98,37	1,722	1,2	1,33	64,37
	22 *bis*	70	1,617	2,1	1,7	77,86
	21	61,75	1,562	2,39	3,38	74,16
	15 *bis*	81,7	1,792	1,34	1,29	73,9
	7 *bis*	87,54	1,554	1,12	1,8	67,82
	6	87	1,757	4,39	4,14	82,32
	10	65,75	1,386	1,97	1,8	71,83
	22	72,68	1,645	1,46	2,52	65,87
	13 *bis*	99,57	1,302	2,03	1,72	79,28
	9	70	1,428	2,41	1,63	72.80
	30	71	2,043	3,09	3,09	72,39
	20	65	1,855	1,74	3,46	78,18
	8	65,5	1,575	1,7	2,7	74.45
	23 *bis*	82,63	1,637	1,05	1,56	74,89
50 à 45	12 *bis*	94	1,918	1,82	2,11	73,87
	16	96,35	1,659	1,98	1,83	73.85
	21 *bis*	100	1,589	1,56	1,39	67,7
	14 *bis*	83,67	1,47	1,49	1,62	73,52
	29	71	1,771	1,61	2,18	71,63
	26	73	1,862	1,76	2,39	69,2
45 à 40	27	78,5	1,82	1,51	2,18	70,91
	28	74	1,743	1,48	3	76.78

risant les farines panifiées sur levure
efficient de panification.

Az. soluble / Az. total	Degré d'hydr.	Gluten sec	Rapport $\frac{P}{G}$	Az. total du gluten	Gluten calculé	Coefficient de panification
21,30	68,93	12,21	0,89	1,428	8,92	66,21
22,27	69,53	11,70	1,24	1,701	10,63	62,84
23,25	67,51	13,35	0,89	1,512	9,45	61,89
23,16	68,62	11,55	1,85	1,512	9,45	61,39
25,31	66,97	9,51	1,19	1,176	7,35	60,76
33,65	65,57	8,84	1,81	1,260	7,87	60,10
25,67	68,84	12,9	1,62	1,53	9,56	59,36
28,57	65,95	9,6	1,24	1,302	8,13	58,66
24,68	65,74	9,3	1,29	1,47	9,18	56,06
22,22	68,88	12,51	1,66	1,588	9,925	55,80
29,52	62,75	8,94	2,09	1,197	7,48	55,79
23,67	66,10	9,96	1,96	1,47	9,18	55,64
23,41	66,66	8,7	1,45	1,26	7,87	54,97
26,88	64,09	9,48	2,56	1,176	7,35	54,81
25,38	65	9,96	1,27	1,26	7,87	54,68
30,28	66,84	9,3	1,45	1,218	7,61	54,60
22,85	66,88	8,55	1,58	1,302	8,13	54,04
26,36	66,50	10,05	1,46	1,323	8,27	53,61
28,3	62,75	8,31	1,71	1,47	9,18	53,26
30,37	67,29	10,35	1,22	1,55	9,68	53,24
23	65,29	8,85	0,99	1,26	7,87	53,21
28,56	70	10,80	1,26	1,575	9,84	52,99
29,19	68,18	10,5	1,04	1,6	10,9	52,97
28,45	64,7	10,8	1,62	1,47	9,18	52,86
23,8	63,97	10,05	1,46	1,302	8,13	52,85
22,4	65,66	8,55	0,98	1,302	8,13	52,27
22,65	64,51	13,2	1,48	1,638	10,23	51,98
30,63	63	9,9	1,43	1,239	7,74	51,53
20,71	67,51	9,6	1,37	1,512	9,45	51,47
25,25	67,69	7,95	1,6	1,176	7,35	50,86
24,68	66,83	9,75	1,1	1,407	8,79	50,19
26,88	63,31	9,3	1,88	1,26	7,87	50,11
23,52	67,27	8,1	1,6	1,26	7,87	49,98
34,46	68,11	13,2	1,31	1,89	11,81	49,68
30,18	68,96	10,8	0,89	1,407	8,79	48,93
23,11	67,3	9,75	1,31	1,323	8,26	48,91
24,8	61,68	8,85	2,01	1,56	7,21	47,71
24,6	63,41	9	1,75	1,176	7,35	47,50
30,37	67,61	10,2	1,47	1,47	9,18	47,36
26,43	64,41	9	1,56	1,239	7,74	46,95
26,19	60	9,96	1,58	1,3	8,12	46,10
29,24	65,87	10,38	1,13	1,428	8,92	45,17
30,09	68,1	11,1	1,03	1,638	10,23	45,08
30,76	68,28	10,8	1,03	1,47	9,18	44,05
32,12	66,03	10,8	1,13	1,344	8,4	42,23

TABLEAU 33. — *Valeur des éléments et rapports ca*
en fonction de le

Séries et N°s des pains		Coefficient de panificat.	W	Azote total	Gliadine / Gluténine	Az. gliadi / Az. gluténi
80-75	3	79,76	92	1,806	1,63	4,09
	4	75,73	89	1,89	2,18	4,91
75-70	5	70,24	108	1,813	2,92	5,01
	15 *bis*	70,20	81,7	1,792	1,34	1,29
	30	69,26	71	2,043	3,09	3,09
70-65	1	68,68	65,5	1,967	1,76	7,3
	15	68,63	75,8	1,948	1,82	2,85
	6 *bis*	68,04	98,37	1,722	1,2	1,33
	22	67,90	72,68	1,645	1,46	2,52
	27	67,87	78,5	1,82	1,51	2,18
	2	67,67	94	1,855	1,15	2,52
	12	67,44	76,5	1,47	2,39	3,43
	29	67,01	58,45	1,771	1,61	2,18
	21	65,03	61,75	1,562	2,39	3,38
	14	64,18	77,75	1,435	2,41	3,28
65-60	23	63,92	72,6	1,582	2,27	5
	25 *bis*	63,85	88,19			
	8	62,32	65,5	1,575	1,7	2,7
	25	61,27	72,35	1,701	2,16	2,5
	24 *bis*	60,97	73,25	1,47	1,61	1,51
	11	60,91	63	1,4	1,29	3,83
	24	60,55	73,63	1,47	2,16	4,16
	28	60,19	74	1,743	1,48	3
60-55	6	59,82	87	1,757	4,39	4,14
	10	59,74	65,75	1,386	1,97	1,8
	9	59,36	70	1,428	2,41	1,63
	13	59,12	70	1,54	1,51	3,2
	22 *bis*	58,57	70	1,617	2,1	1,7
	12 *bis*	58,35	94	1,918	1,8	2,11
	10 *bis*	58,05	93,7	1,438	1,06	1,94
	7	57,97	69,5	1,379	1,28	2,33
	14 *bis*	57,95	83,67	1,47	1,49	1,62
	23 *bis*	56,77	82,63	1,627	1,05	1,56
	7 *bis*	56	87,54	1,554	1,12	1,80
	8 *bis*	55,48	104,98	1,652	1,29	1,33
	9 *bis*	55,29	83,86	1,456	1,49	1,72
	19	55,12	84,8	1,813	1,83	2,63
55 50	13 *bis*	54,98	99,57	1,302	2,03	1,72
	20	54,84	65	1,855	1,74	3,46
	11 *bis*	54,04	112,61	1,484	1,63	2,11
	18	53,68	77,77	1,918	2,01	2,49
	17	53,48	77,5	1,659	1,55	1,84
	16	53	96,35	1,659	1,98	1,83
	26	52,17	73	1,862	1,762	2,39
	21 *bis*	52,04	100	1,589	1,56	1,39

(1) Voir le tableau 32 à la page 174.

érisant les farines panifiées sur levain
oefficient de panification (1).

Gliadine / Gluten calc.	Az. solub. / Az. total	Degré d'hydrat.	Gluten sec	Rapport P. / G.	Az. total du gluten	Gluten calculé
87,61	23,25	67,51	13,35	0,89	1,512	9,45
86,49	22,22	68,88	12,51	1,66	1,588	9,925
91,11	23,16	68,62	11,55	1,85	1,512	9,45
73,9	22,65	64,51	13,2	1,48	1,638	10,23
72,39	34,46	68,11	13,2	1,31	1,84	11,31
87,33	21,3	68,93	12,21	0,89	1,428	8,92
71,11	22,27	69,53	11,7	1,24	1,701	10,63
64,37	28,45	64,7	10,8	1,62	1,47	9,18
65,87	24,68	66,83	9,75	1,1	1,407	8,79
70,91	30,76	68,28	10,8	1,03	1,47	9,18
72,17	25,67	68,84	12,9	1,62	1,53	9,56
74,16	22,85	66,88	8,55	1,58	1,302	8,13
71,63	29,24	65,87	10,38	1,13	1,428	9,92
74,16	22,4	65,66	8,55	0,98	1,302	8,13
78,14	23,41	66,66	8,7	1,45	1,26	7,87
78,14	23	65,29	8,85	0,99	1,26	7,87
74,4	23,11	67,3	9,75	1,31	1,323	8,26
69,28	24,68	65,74	9,3	1,29	1,47	9,18
72,05	29,52	62,75	8,94	2,09	1,197	7,48
68,98	30,28	66,84	9,3	1,45	1,218	7,61
80,81	2,857	65,95	9,6	1,24	1,302	8,13
76,78	32,12	66,03	10,8	1,13	1,344	8,4
82,32	20,71	67,51	9,6	1,37	1,512	9,45
71,83	25,25	67,69	7,95	1,6	1,176	7,35
72,80	23,52	67,27	8,10	1,6	1,26	7,87
73,27	26,36	66,5	10,05	1,46	1,323	8,27
77,86	23,8	63,97	10,05	1,46	1,302	8,13
73,87	24,6	63,41	9	1,75	1,176	7,35
66,52	25,31	66,97	9,51	1,19	1,176	7,35
71,28	25,38	65	9,96	1,27	1,26	7,87
73,52	26,19	60	9,96	1,58	1,30	8,12
74,89	24,8	61,68	8,85	2,01	1,56	7,21
67,82	30,63	63	9,9	1,43	1,239	7,74
61,11	23,67	66,1	9,96	1,96	1,47	9,18
67,34	33,65	65,67	8,84	1,81	1,26	7,87
71,08	28,58	70	10,8	1,26	1,575	9,84
79,28	26,88	63,31	9,3	1,88	1,26	7,87
78,18	30,18	68,96	10,8	0,89	1,407	8,79
80	26,88	64,09	9,48	2,56	1,176	7,35
70,7	29,19	68,18	10,5	1,04	1,6	10
65,07	30,37	67,29	10,35	1,22	1,55	9,68
73,85	30,37	67,61	10,2	1,47	1,47	9,18
69,2	30,09	68,1	11,1	1,03	1,638	10,23
67,7	26,43	64,41	9	1,56	1,239	7,74

TABLEAU 32. — *Classement des pains sur levain.*

Numéro des pains	Volume spécifique	Rapport $\frac{l}{D}$	Couleur de la mie	Structure	Odeur	Goût	Aspect de la croûte	Capacité d'absorption d'eau	Coefficient de panification
1	2,484	0,347	3	3	2	2	2	12,26	68,68
2	2,618	0,284	3	3	2	2	2	11,32	67,67
3	2,863	0,352	3	3	2	2	2	12,81	79,76
4	2,933	0,315	3	3	2	2	2	11,32	75,73
5	2,775	0,280	3	3	2	2	2	11,32	70,24
6	2,658	0,456	2,5	4	2	2,5	3	5,5	59,82
7	2,666	0,413	2,5	4	2	2,5	3	4,83	57,97
8	2,949	0,361	2,5	4	2	2,5	3	4,83	62,32
9	2,771	0,38	2,5	4	2	2,5	3	4,83	59,36
10	2,673	0,50	2,5	4	2	2,5	3	4,83	59,74
6 *bis*	3,2	0,439	2	3,5	2	2	3	6,2	68,04
7 *bis*	2,458	0,465	2	3,5	2,5	2	3	6,16	56
8 *bis*	2,446	0,45	2	3,5	2,5	2	3	6,16	55,48
9 *bis*	2,444	0,442	2	3,5	2,5	2	3	6,16	55,29
10 *bis*	2,576	0,454	2	3,5	2,5	2	3	6,16	58,05
11	2,552	0,434	3	3	2,5	2,5	3,5	5,9	60,91
12	2,938	0,434	3	3	2,5	2,5	3,5	5,5	67,44
13	2,502	0,454	3	3	2,5	2,5	3,5	5,5	59,12
14	2,829	0,38	3	3	2,5	2,5	3,5	5,5	64,18
15	2,838	0,38	3	3	2,5	2,5	3,5	6,83	68,63
11 *bis*	2,318	0,431	3	3	2	2	3,5	6,16	54,04
12 *bis*	2,58	0,388	3	3	2	2	3,5	6,16	58,35
13 *bis*	2,4	0,397	3	3	2	2	3,5	6,16	54,98
14 *bis*	2,537	0,411	3	3	2	2	3,5	6,16	57,95
15 *bis*	2,785	0,456	3	3	2	2	3,5	8,16	70,20
16	2,473	0,269	2,5	3	2	2	2	7,83	53
17	2,469	0,346	2,5	3	2	2	2	7,5	53,48
18	2,608	0,269	2,5	3	2	2	2	7,16	53,68
19	2,608	0,394	2,5	3	2	2	2	6,83	55,12
20	2,505	0,434	2,5	3	2	2	2	7,16	54,84
21	2,569	0,456	3	3	3	2	3	7,5	65,03
22	2,832	0,428	3	3	3	2	3	6,83	67,90
23	2,534	0,487	3	3	3	2	3	7,16	63,92
24	2,563	0,391	3	3	3	2	3	6,5	60,55
25	2,555	0,434	3	3	3	2	3	6,5	61,27
21 *bis*	2,363	0,272	2	3,5	2,5	2	3	6,75	52,04
22 *bis*	2,628	0,326	2	3,5	2,5	2	3	6,83	58,57
23 *bis*	2,5	0,363	2	3,5	2,5	2	3	6,83	56,77
24 *bis*	2,7	0,375	2	3,5	2,5	2	3	6,83	60,97
25 *bis*	2,807	0,413	2	3,5	2,5	2	3	6,83	63,85
26	3,164	0,354	2	2	3	3	2	2,833	52,17
27	3,072	0,326	2	2,5	3	3	2	7,5	67,96
28	2,742	0,32	2	2,5	3	3	2	7,16	60,19
29	2,948	0,386	2	3	3	3	2	7,16	67,01
30	2,771	0,402	2	3	3	3	2	8,83	69,26

D. — REMARQUES RELATIVES AUX ESSAIS DE PANIFICATION

L'examen des tableaux précédents permet de faire les observations suivantes :

Remarque I. — Le coefficient de panification sur levain est en général plus élevé que celui sur levure; cela tient au volume spécifique du pain sur levain qui est supérieur à celui du pain sur levure. Il est donc nécessaire de procéder, ainsi que nous l'avons fait, à deux classements, l'un sur levain, l'autre sur levure. De plus, il n'y a pas un parallélisme rigoureux entre les résultats de la classification sur levain et celle sur levure. Si l'on tient compte également du fait que, pour l'obtention du coefficient de panification, intervient une appréciation personnelle toujours sujette à caution, on ne sera pas étonné de trouver quelques interversions. Ceci ne doit pas nous surprendre, le processus de la panification (travail diastasique, dégagement de gaz, etc.) diffère avec levure et levain.

Remarque II. — Voyons maintenant si les coefficients de panification sont en accord avec les résultats des méthodes physicochimiques et chimiques.

a) *Sur tangue* [(coefficient caractérisant la série : 57,89 à 66,21 sur levure, 67,67 à 79,76 sur levain)] la parcelle 5 était classée à l'analyse comme étant la meilleure et la parcelle 2 comme la plus mauvaise de cette série, série que l'on peut d'ailleurs considérer comme la plus satisfaisante.

Sur levure, la parcelle 5, à coefficient 61,39, se classe bien dans les meilleures farines de nos essais mais n'est supérieure ni à 1 ni à 3, elle est toutefois supérieure à 2 et à 4.

Sur levain, cette parcelle 5, a le coefficient 70,24 et se classe encore dans les trois premières mais n'est supérieure ni à 3 ni à 4. Elle le reste par rapport à 1 et à 2.

En résumé, les *essais de panification dans cette série confirment bien les conclusions tirées de l'analyse chimique.*

b) *Sur alluvions de Loire* [(coefficients caractérisant la série : sur levure (48,91 à 54,68), sur levain (57,97 à 62,32)], la parcelle 9 a été considérée comme la meilleure aux essais chimicophysiques. Or, dans les essais de panification sur levure elle se classe après les parcelles 7, 6 et 10, on doit la considérer comme médiocre.

Les essais sur levain la classent également comme médiocre à côté de 6 (59,82); 10 (59,74); 7 (57,97).

Seul le coefficient a augmenté pour la parcelle 8 (62,32).

L'analyse chimique nous avait déjà permis de classer les blés de cette série comme des blés médiocres, les essais de panification confirment ces conclusions. *Il convient toutefois de remarquer que la farine 9 qui présentait les meilleurs caractères chimiques a donné de moins bons résultats à la panification.*

c) *Sur tuffeau* [(coefficients caractérisant la série : 53,62 à 62,84 sur levure, 59,12 à 68,63 sur levain)], l'analyse chimique conduit à considérer les blés 12 et 14 comme les meilleurs.

Leur coefficient de panification sur levure est de 54,04 et 54,97 contre 54,6 pour le n° 11, 53,61 pour le n° 13, mais 62,84 pour le n° 15.

Sur levain, le coefficient de ces blés 12 et 14 devient 67,44 et 64,18; 11 donnant 60,91; 13, 59,12; 15, 68,63.

Sur levain, 15 reste le meilleur blé, 12 gardant un bon rang sur levain et sur levure.

En gros, la panification confirme donc ici les résultats du classement chimique dans la série tuffeau. Cependant, elle classe première la parcelle 15 qui, effectivement, présentait un gluten différent de celui de sa série (long et mou), mais surtout à teneur beaucoup plus élevée; les autres farines étaient relativement faibles en gluten.

d) *Sur argile d'Acigné* [(coefficients caractérisant la série : 47,36 à 53,24 sur levure; 53 à 55,12 sur levain)], la parcelle 19 qui était classée la première par l'analyse chimique donne un coefficient de 52,99 sur levure, égal à celui des parcelles 18 et 17, supérieure à celle des parcelles 16 et 20.

Sur levain la farine (19) obtient le coefficient : 55,12; 16, 17, 18, 20 se classent après lui avec des coefficients allant de 52 à 54,84.

L'analyse chimique est donc ici confirmée par la panification.

e) *Sur argile de Beaupréau* [(coefficients caractérisant la série : 50,1 à 58,66 sur levure, 60,55 à 67,90 sur levain)] *l'analyse chimique ne permettait pas de conclure.* La panification sur levure, classe les parcelles 24 et 25 comme les meilleures (58,66-56,06).

Sur levain, c'est l'inverse, ce serait les deux plus mauvais (60,55-61,27), sans qu'il soit possible d'en donner d'explication.

f) *Quant à la série « Jurassique »* [(coefficients caractérisant la série : 42,23 à 49,68 sur levure, 52,17 à 69,26 sur levain)] *nous avions encore incertitude dans le classement chimique*; tous les blés de cette série se placent parmi les blés très médiocres ou mauvais. La panification donne un résultat assez inattendu. Sur levure, ces blés s'inscrivent invariablement parmi les blés les plus mauvais de nos essais (42 à 49). Or, sur levain, à part le blé de la parcelle vierge 26 qui reste très mauvais (52,17), les autres blés deviennent bien meilleurs (60,19 à 69,26).

Quelle explication en donner? On remarquera que ces blés de Charente sont tous très glutineux. Sur levain, pour de tels blés, le coefficient de panification paraît surtout en rapport avec la quantité de gluten. Il nous semble que le levain, par sa fermentation lente, permet de traiter plus facilement les farines à gluten de propriétés élastiques défectueuses.

Dans nos essais, d'après les rapports $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ presque tous les blés de cette série donnent des farines levant difficilement et produisant, par suite, un pain lourd. *Il nous paraît logique de laisser opérer le facteur temps, pour obtenir un développement complet de la pâte, c'est-à-dire d'utiliser le levain.*

Remarque III. — Si nous examinons les modifications apportées par la maturation en comparant les coefficients de panification des farines (bis) nous arrivons aux conclusions suivantes :

a) *Sur alluvions de Loire*, parmi les pains sur levure, (9 *bis*) et (10 *bis*) ont les coefficients de panification les plus élevés (60,1-60,76) et, par conséquent, les résultats de l'analyse chimique donnant la parcelle 9 *bis* comme la meilleure sont confirmés.

Sur levain, 6 *bis* devient nettement le meilleur (68,04); 7, 8, 9, 10 *bis* devenant bien médiocres (55,29 à 56,77). Or 6 *bis* a de beaucoup le gluten le plus élevé (10,8) de la série, ce qui confirme notre observation de la page précédente.

b) *Sur tuffeau*, les parcelles 12 *bis* et 14 *bis*, données pour les meilleures, obtiennent un coefficient de panification sur levure égal à 47,5 et 46,10. Les parcelles 11 *bis*, 13 *bis* et 15 *bis* donnent des coefficients 54,84, 50,11, 51,98. Donc, sur levure, la panification ne confirme pas les résultats chimiques. Sur levain, 12 *bis* et 14 *bis* obtiennent un coefficient de 58,35 et de 57,95 tandis que l'on accorde 54 à 11 *bis*, 54,98 à 13 *bis* et 70,2 pour 15 *bis*.

Cette nouvelle anomalie en faveur de la parcelle 15 est due à un gluten très élevé (13,2) d'environ 3 points plus élevé que ceux des autres parcelles de la série.

c) Enfin, sur l'argile de Beaupréau, l'analyse chimique ne permettait pas de classement. Le coefficient de panification sur levure donne le 24 *bis* comme le meilleur, ce qui est en accord avec sa courbe extensimétrique. Sur levain, avec 25, il reste supérieur au reste de la série. La panification cette fois lève les hésitations auxquelles conduisait l'analyse chimique.

En résumé, l'analyse chimique jointe à l'analyse physique des propriétés des pâtes ne paraissent pas donner toujours le même classement que la panification. Cependant, si on considère la valeur moyenne des coefficients de panification sur levain et levure obtenue dans une série, les deux examens se confirment et une farine classée médiocre par l'une des méthodes l'est également par l'autre.

E. — ACTION DU SOL SUR LE COEFFICIENT DE PANIFICATION

Les valeurs moyennes des coefficients de panification permettent d'examiner l'importance de l'action jouée par la nature du sol sur la valeur boulangère. C'est ainsi que par ordre de qualité décroissante, on peut classer les blés dans le tableau ci-après.

TABLEAU 34. — *Action des différents sols sur le coefficient de panification des farines de blé Wilhelmine.*

	Coefficient moyen de panification sur levure	Coefficient moyen de panification sur levain	Moyenne
1. Tangue.....	60,93	72,41	66,67
2. Tuffeau.....	53,06	61,58	57,32
3. Alluvions de Loire	53,68	59,20	56,44
4. Argile du Choletais	52,69	61,08	56,88
5. Jurassique.....	45,24	63,30	54,27
6. Argile de Vallée de Vilaine.....	51,09	54,02	52,55

L'action des sols sur le coefficient de panification des blés est plus marquée que celle des engrais.

Le *sol de tangue*, par sa richesse en éléments fertilisants, mais surtout par sa profondeur (sous-sol très bas) et l'extrême finesse des particules qui le constituent, a exercé une action vigoureuse et donné un heureux résultat. Pour des raisons à peu près analogues, les *Alluvions de Loire* forment un milieu favorable. Les terres calcaires, à éléments grossiers et à sous-sol dur, sont moins favorables : la médiocrité des essais en *terrain jurassique* est imputable au climat; l'espèce cultivée ne convient pas à cette latitude. Quant aux *terres argileuses*, elles exercent une action très médiocre sur l'amélioration de la valeur boulangère. Très imperméables, elles ne coagulent pas leur argile par absence de chaux; la plante ne peut profiter que des éléments se trouvant au voisinage des racines qui ne peuvent pénétrer profondément.

Ce seront les terres, où les engrais permettront de constater une légère amélioration de la valeur boulangère.

Les terres exercent en somme une action légèrement supérieure à celle des engrais pour améliorer la qualité d'un blé; elles agissent, à notre avis, aussi bien par leur nature physique que par leurs caractères chimiques : tout dépend de la quantité des éléments fertilisants qu'elles peuvent facilement céder à la plante. Chaque sol exerce de plus des actions non définissables, se traduisant par un goût spécial du pain obtenu, et détermine ainsi un « cru » de blé.

F. — ACTION DES ENGRAIS SUR LE COEFFICIENT DE PANIFICATION

Quant à l'action générale des engrais sur le coefficient de panification, elle est très légèrement dépressive sur 2 sols (tangue sans engrais, 67,44; avec engrais, 66,48; alluvions de Loire sans engrais, 58,04; avec engrais, 56,04). Sur les 4 autres sols, les engrais et amendements ont marqué une action très légèrement améliorante (tuffeaux sans engrais, 56,09; avec engrais, 58,24; argile de la Vallée de Vilaine sans engrais, 50,18; avec engrais, 53,14; argile du Choletais sans engrais, 54,07; avec engrais, 57,59; Jurassique de Charente sans engrais, 48,62; avec engrais, 55,68).

Résumons brièvement l'action particulière exercée par quelques engrais sur le coefficient de panification.

1. **Action des engrais azotés sous forme nitrique ou ammoniacale.** — Sur « *Alluvions de Loire* » la substitution du sulfate d'ammoniaque au nitrate de soude n'a déterminé aucun effet sur le coefficient de panification (56,18 au lieu de 55,59).

Sur « *Tuffeaux* » le remplacement du sulfate d'ammoniaque par une forte dose de nitrate au printemps a déterminé, au contraire, une notable augmentation du coefficient moyen de panification (63,41 contre 56,83 pour une fumure normale NPK).

Sur « *Argile du Choletais* » la substitution du nitrate de soude en quantité équivalente, au sulfate d'ammoniaque, substitution

complétée par un apport de carbonate de chaux comme amendement de ce sol acide, a déterminé une légère amélioration du coefficient de panification comparativement à une fumure NPK non complétée par un amendement calcaire (58,61 contre 55,40).

Sur « *Jurassique* » la substitution du nitrate de soude à forte dose au sulfate d'ammoniaque d'une fumure normale NPK, a également amené une très légère amélioration du coefficient (59,47 au lieu de 55,96).

2. **Action de l'acide phosphorique.** — Sur « *Tangue* » un fort apport d'acide phosphorique a été dépressif sur le coefficient de panification (65,76 au lieu de 70,82).

Sur « *Tuffeaux* » un apport complémentaire d'acide phosphorique a été également très légèrement dépressif sur le coefficient de panification (54,45 au lieu de 56,83 pour une fumure normale NPK).

Sur « *Argile de la Vallée de Vilaine* » une addition d'acide phosphorique complémentaire, joint à un apport de magnésie n'a eu aucun effet sur le coefficient, comparativement à l'action d'une fumure incomplète NP.

Sur « *Jurassique* » un fort apport d'acide phosphorique a diminué sensiblement le coefficient de panification par comparaison à la fumure NPK MgO (51,21 au lieu de 55,96).

3. **Action de la potasse.** — Sur « *Tangue* » un apport double de chlorure de potassium a sensiblement diminué le coefficient de panification par rapport à une fumure NPK MgO (65,81 au lieu de 70,82).

Sur « *Alluvions de Loire* » une dose double de chlorure de potassium dans une fumure N^2 (sulfate de NH^4) $P.K^2$ MgO a été sans effet marqué sur le coefficient de panification comparativement à une fumure N^2 (sulfate d'NH^4) P.K.MgO et même par rapport à une fumure N (1/2 N^{a1}, 1/2 N nitrique) P.K.MgO, (les coefficients obtenus étant de 57,35, 56,18, 55,58).

Sur « *Argile de la Vallée de Vilaine* » un apport de chlorure de potassium n'a pas également eu d'action marquée sur le

coefficient de panification comparativement à une fumure incomplète (NP).

Sur « *Argile du Choletais* » un apport de chlorure de potassium a diminué légèrement le coefficient de panification par rapport à une fumure incomplète (NP) (coeff. 55,45 contre 57,37).

4. **Action de la magnésie.** — Sur « *Tangue* » la magnésie apportée comme amendement a augmenté très sensiblement la valeur du coefficient (70,82) comparativement à une fumure normale NPK (coeff. 63,51).

Sur « *Alluvions de Loire* » dans les mêmes conditions la magnésie n'a pas eu d'influence (55,58 contre 55,06).

5. **Action de la substitution du sulfate de potasse au chlorure de potassium.** — Sur « *Tuffeaux* » la substitution du sulfate de K au chlorure dans une fumure NPK MgO normale n'a amené, pratiquement, aucun changement du coefficient de panification (55,8 contre 56,82).

Sur « *Jurassique* » pour une fumure N.P.K.MgO normale, la substitution n'a eu également aucune action (56,09 contre 55,96).

Terminons nos remarques sur l'influence des sols et des engrais sur le coefficient de panification du blé « Wilhelmine » en notant que, quelle que soit la nature du terrain et des engrais ajoutés, le coefficient de panification n'a jamais atteint la valeur 100, qui correspond aux bonnes farines. Les pains obtenus, sans être mauvais, ont toujours été assez compacts et de qualité médiocre.

La photographie (page 187) permet de se rendre compte de l'aspect de quelques pains.

G. — RELATIONS ENTRE LA COMPOSITION CHIMIQUE ET LA VALEUR DU COEFFICIENT DE PANIFICATION

Nous pouvons résumer les tableaux précédents par le relevé des moyennes des rapports caractérisant les farines.

TABLEAU 35. — *Moyenne des éléments et rapports caractérisant les farines panifiées sur levure en fonction de leur coefficient de panification.*

Coefficient de panification	W	Gliadine / Gluténine	N. Gliadine / N. Gluténine	Gliadine / Gluten calculé	N. soluble / N. total	Degré d'hydratation	Gluten sec	Rapport P/G	N. total du gluten	Gluten calculé	N. total
65 à 60	86,47	1,76	3,81	78,5	24,82	67,85	11,19	1,31	1,43	8,94	1,738
60 à 55	84,53	1,76	2,82	73,64	25,72	66,37	10,53	1,64	1,42	8,90	1,673
55 à 50	79,729	1,92	2,6	73,52	26	60,8	9,7	1,44	1,36	8,56	1,575
50 à 45	80,9	1,87	2,15	73,52	27,07	65,41	9,87	1,49	1,40	8,48	1,686
45 à 40	74,125	1,59	2,44	72,13	30,55	66,82	10,77	1,08	1,47	8,93	1,799

TABLEAU 36. — *Moyenne des éléments et rapports caractérisant le farines panifiées sur levain en fonction de leur coefficient de panification.*

Coefficient de panification	W	Gliadine / Gluténine	N. gliadine / N. gluténine	Gliadine / Gluten calculé	N. soluble / N. total	Degré d'hydratation	Gluten sec	Rapport P/G	N. total du gluten	Gluten calculé	N. total
80 à 75	90	1,90	4,45	87	23	68	12,9	1,27	1,55	9,6	1,85
75 à 70	87	2,45	3,13	79,1	26,75	67	12,65	1,54	1,68	10,5	1,88
70 à 65	79	1,61	3,04	72,19	25,65	67,48	10,88	1,25	1,48	9,16	1,787
65 à 60	70	1,98	3,48	73,59	25,94	66,18	8,19	1,23	1,30	8,37	1,55
60 à 55	80	1,89	2,28	70,42	25,32	65,26	9,33	1,47	1,269	8,19	1,54
55 à 50	87,54	1,73	2,15	71,52	28,98	66,92	10,13	1,51	1,44	9	1,66

De l'examen des résumés précédents il résulte que les farines du blé « Wilhelmine » panifiées sur levain pourraient être finalement classées d'après l'ensemble de leurs caractéristiques, en :

a) *Farines très mauvaises*, à très faible azote du gluten, à rapport $\frac{\text{N soluble dans l'eau}}{\text{N total}}$ élevé, à rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ bas, même quand le W est bon;

b) *Farines mauvaises :* celles dont N du gluten est faible, le rapport $\frac{\text{N soluble eau,}}{\text{N total}}$ moyen, et $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$, bas, même avec bon W.

c) *Farines médiocres :* les farines dont N du gluten est bas $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ moyen, $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ plus élevé.

d) *Farines moyennes :* elles ont un N du gluten moyen, un rapport moyen $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ et un rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ moyen.

e) *Farines assez bonnes :* lorsqu'elles ont un N du gluten élevé, un rapport $\frac{\text{N eau soluble}}{\text{N total}}$ assez élevé, et un rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ moyen.

f) *Farines bonnes* à N du gluten élevé, au rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ faible, et au rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ élevé.

En résumé, pour les farines extraites du blé Wilhelmine panifiées au levain, 3 facteurs influencent surtout l'obtention d'un coefficient de panification satisfaisant.

1° Une teneur minima en azote du gluten voisine de 1,4;

2° Un rapport $\frac{\text{N soluble eau,}}{\text{N total}}$ aussi près que possible de 20.

3° Un rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ se rapprochant de 4.

Les résultats de la panification sur levure sont à peu près identiques aux précédents :

a) *Les farines très mauvaises* se caractérisent, malgré un W assez fort, par un N du gluten moyen, un rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$

également moyen, mais un rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ très élevé (30).

b) *Les farines mauvaises* se déterminent par une faible teneur en N du gluten, un faible rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ et un rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ élevé (27).

c) *Les farines médiocres* ont une teneur faible en N, un rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ un peu plus fort (2,6) et un rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ moins élevé (26).

d) *Les farines moyennes* se distinguent par leur N du gluten, moyen, leur rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ plus élevé (2,8) et un rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ moins élevé (25).

e) *Les farines assez bonnes* ont un N du gluten moyen, un rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ élevé (4) et un rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ moyen (24,8).

f) *Enfin les bonnes farines* présentent une teneur en azote du gluten élevé, un rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ faible, et un rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N gluténine}}$ élevé.

Ainsi, la panification des farines sur levure comme sur levain est affectée par les mêmes facteurs, et la farine la meilleure (pour l'espèce de blé étudiée) doit présenter au moins 1,4 % d'N de gluten, un rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}} = 20$, et enfin un rapport $\frac{\text{N gliadine.}}{\text{N gluténine}}$ voisin de 4.

TABLEAU 37. — *Caractéristiques analytiques des blés cultivés en plein champ, en fonction du coefficient moyen de panification.*

Coefficient de panification		N. total	N. total de l'enveloppe	N. total de l'amande	N. de l'extractif à l'alcool 70°	R. N. extract. / N. gluten obt. avec N. de l'amande	$\frac{P^2O^5}{Mg.\ O}$	$\frac{P^2O^5}{SO^3}$	N. extract. / N. total sec
Levure	65 à 60..	2,532	0,442	2,077	0,833	0,631	4,815	3,84	0,328
	60 à 55..	2,224	0,415	1,809	0,784	0,830	4,25	4,696	0,351
	55 à 50..	2,043	0,393	1,606	0,658	0,925	3,87	3,76	0,367
	50 à 45..	2,152	0,466	1,685	0,771	0,902	3,84	3,18	0,374
	45 à 40..	2,180	0,499	1,680	0,824	0,975	3,445	2,46	0,379
Levain	80 à 75..	2,517	0,420	2,097	0,816	0,641	4,735	2,92	0,322
	75 à 70..	2,368	0,474	1,894	0,812	0,776	4,13	3,675	0,343
	70 à 65..	2,269	0,416	1,802	0,816	0,845	4,14	3,755	0,359
	65 à 60..	1,982	0,434	1,524	0,783	1,022	3,948	4,83	0,377
	60 à 55..	2,016	0,412	1,603	0,783	1,028	4,432	3,49	0,391
	55 à 50..	2,245	0,449	1,795	0,753	0,732	3,09	1,778	0,335

H. — ESSAIS DE PANIFICATION AVEC ADDITION DE BLÉ DE FORCE

Nous avons effectué 5 essais de panification dans les conditions suivantes :

a) Pain obtenu avec la farine extraite à 70 %, à partir du blé « Wilhelmine » de semence.

b) Pain obtenu avec la farine (A) résultant du mélange de toutes les farines de nos expériences.

c) Pain obtenu avec le mélange de 4/5 de farine A et 1/5 de farine de force.

d) Pain obtenu avec le mélange de 4/5 de farine A et 1/5 de farine de force préalablement dégraissée à l'éther.

e) Pain obtenu avec la farine A à laquelle on a ajouté 5 gr. de gliadine extraite à l'alcool à 70 % et séchée dans le vide.

Nous avons utilisé pour ces essais une farine de force dont voici les caractéristiques :

TABLEAU 38. — *Analyse de la farine de force.*

Humidité de la farine.....	15,96	Gluten.....	12,39
Azote total s/mat. sèche...	2,37	Gliadine.....	7,96
Cendres.....	1,12	Gluténine.....	4,43
Matières grasses.....	1,46	Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.....	1.79
Acidité.....	0,062	Azote du gluten.....	1,722
Azote soluble dans l'eau...	0,448	Azote de la gliadine.....	1,26
Rapport $\frac{\text{azote soluble eau}}{\text{azote total}}$	22,45	Azote de la gluténine.....	0,462
W. de la farine { P..... G.....	W 389 (115 / 19,37)	Rapport $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote gluténine}}$..	2,72
Pg-S-H^2O.....	8,52-66-16,20	Gluten calculé.....	10,76
Gluten humide, sec,.....	33,3-10,20	Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluten calculé}}$....	0,735
Coefficient d'hydratation..	69.36		

Nous consignons dans le tableau n° 39 les résultats de ces différents essais.

La photographie ci-dessous permettra de juger des résultats obtenus.

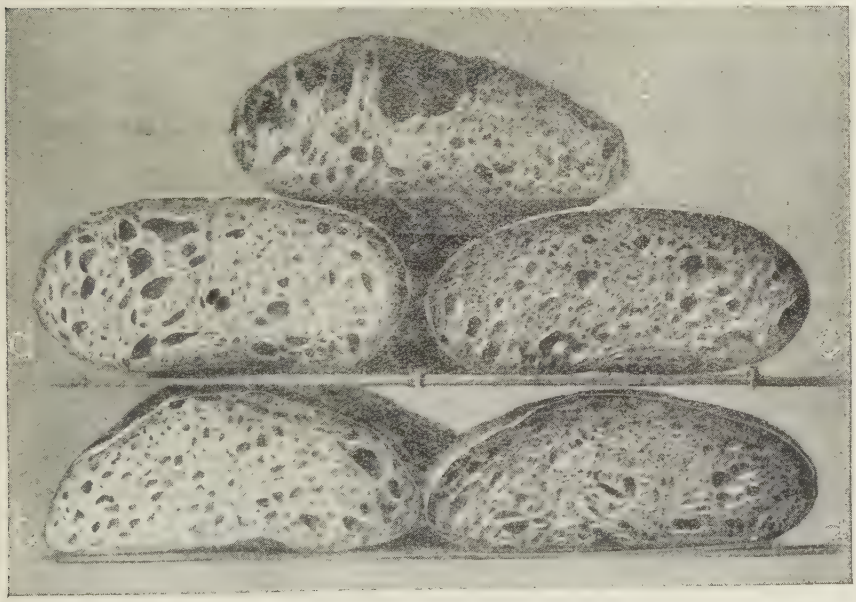


TABLEAU 39. — *Résultat des essais de panification avec addition d'un blé de force.*

	Essai a)	Essai b)	Essai c)	Essai d)	Essai e)
Poids de farine utilisée..... (dont 50 gr. dans le levain).	250 g.	250 g.	250 g.	250 g.	250 g.
Poids de l'eau ajoutée..... (celle du levain comprise).	180	170	170	170	170
Poids de pâte obtenue.....	515	505	500	495	502
Heure de pétrissage.....	6 h. 20	6 h. 30	6 h. 40	6 h. 50	7 h.
Heure de la mise en forme.....	10 h.	10 h. 10	10 h. 20	10 h. 30	10 h. 40
Heure de la mise au four.....	18 h.	18 h.	18 h.	18 h.	18 h.
Heure de la sortie du four.....	18 h. 55	18 h. 55	18 h. 55	18 h. 55	18 h. 55
Poids du pain chaud.....	390	380	380	380	360
Poids du pain froid.....	382	370	378	367	351
Volume du pain froid.....	1180	1375	1240	1285	1360
Densité du pain.....	0,323	0,269	0,304	0,285	0,258
Dimensions des pains D.....	25	25	25	25	25
Dimensions des pains H.....	10	11	11,5	11,5	10

La densité ne donne pas ici une idée exacte de la légèreté du pain : de grosses cavités se sont produites dans la mie et apparaissent nettement sur les photographies.

Le pain *a*, à droite, en bas, présente d'assez grosses cavités allongées horizontalement; elles sont surtout réunies vers le bas du pain où les bulles de gaz n'ont pu crever la masse; forme aplatie.

Le pain *b* a une structure à peu près analogue, un peu affaissé sur les côtés. Les cavités sont encore à la partie inférieure.

Le pain *c* est beaucoup plus régulier; les cavités, très grandes encore, sont mieux réparties, la forme du pain est plus ovoïde.

Le pain *d* présente le même aspect ovoïde avec de grandes cavités régulièrement réparties dans la masse.

Le pain *e* présente à la partie supérieure deux cavités énormes; le reste semble aussi tassé que le pain témoin.

L'examen du tableau précédent et des photographies montre que la culture du « Wilhelmine » faite en France a légèrement amélioré le pain obtenu à partir de ce blé mais cependant n'a pu changer les caractères des pâtes. Nous avons produit un pain compact. Seule la farine de force a pu le rendre à peu près normal. Il résulte de nos essais, que la farine de force dégraissée à l'éther conserve ses propriétés améliorantes. Quant à l'addition de gliadine elle est sans intérêt au point de vue pratique.

CHAPITRE VI

QUESTIONS ANNEXES

A. — MATURATION DES BLÉS

Le grain est un organisme vivant qui évolue sans cesse depuis sa formation jusqu'à sa germination. Récolté et séché, il prépare la germination future au cours d'une vie ralentie, faisant subir à ses réserves, par l'action de diastases, des transformations plus ou moins profondes. Il était indispensable de voir si les propriétés chimiques et mécaniques des farines obtenues à partir de blés conservés plus ou moins longtemps, restaient constantes.

Pour cette raison, trois séries mises en expérience sur champ nous ayant donné un rendement largement suffisant, nous avons pratiqué une deuxième mouture, sur ces trois séries, et cela, deux ou trois semaines après la première. Les nouvelles farines ont été affectées de l'exposant distinctif : *bis*.

La comparaison des tableaux des pages 194 à 197 avec ceux des pages 134 à 141 montre des différences très sensibles entre les résultats analytiques.

Bien entendu les moutures ont été rigoureusement conduites de la même façon, dans tous les essais, et ne sauraient être mises en cause.

Courbes extensimétriques des Farines « bis »

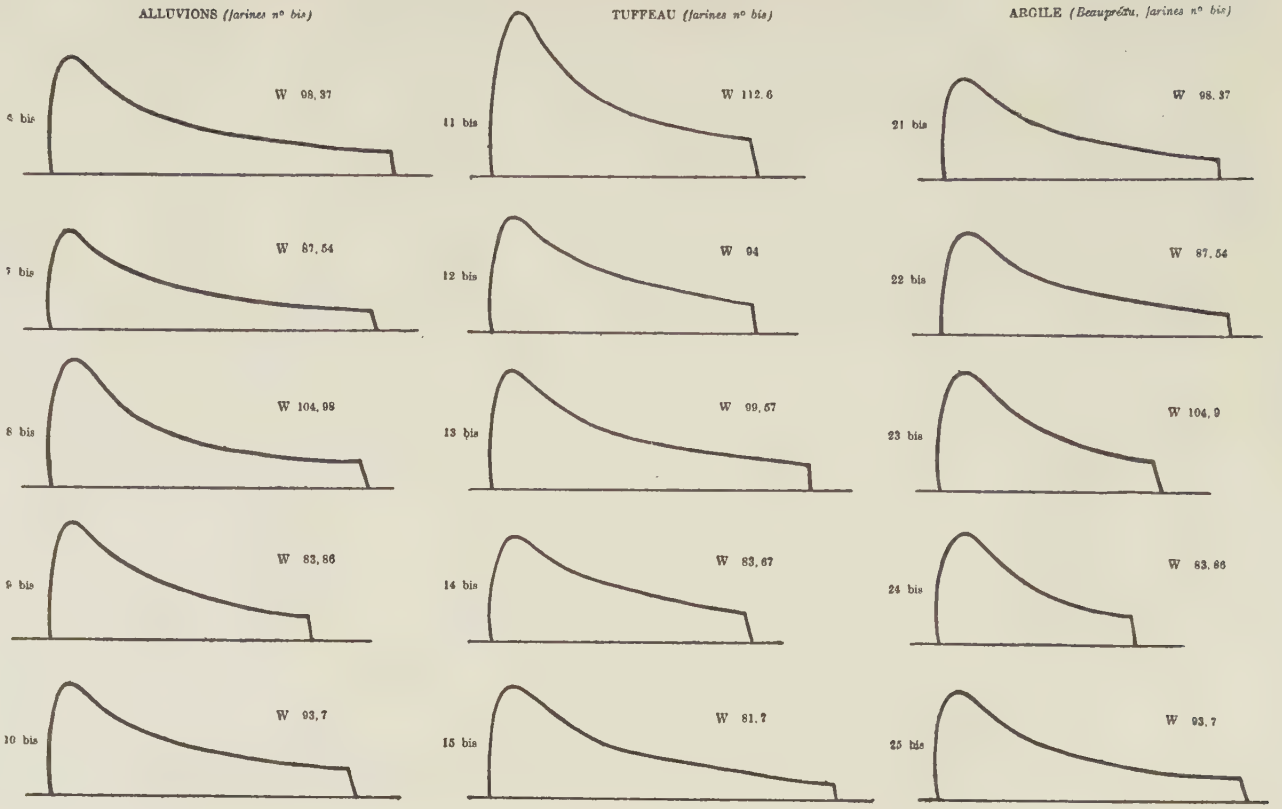


TABLEAU 40. — *Analyses*

	2e Série (*bis*) : La Bohalle				
	Parcelle 6 *bis*	Parcelle 7 *bis*	Parcelle 8 *bis*	Parcelle 9 *bis*	Parc 10
Date de mouture	27-11-36	27-11-36	2-12-36	3-12-36	3-12
Poids de blé avant mouillage	3,100	4,950	4,750	4,850	4,9
Humidité du blé	14,4	14,6	15	15,85	16,2
Quantité d'eau ajoutée	57cc	82cc	60cc	20cc	»
Poids du blé mis en mouture	3,150	5,020	4,755	4,865	4,9
Farine de broyage	18,3	18,4	17,1	19	19
Farine totale	72	71	73	72,5	73,4
Remoulages	3,8	3,6	3,3	3,7	3,2
Bâtards	12,4	12,4	12,3	11	11,6
Sons	11,9	11,8	11,3	11,8	11,6
Perte	0,1	1,1	0,2	0,4	0,2
W à l'extensimètre P	36	30	41	35	3
W à l'extensimètre G	98,37 / 22,1	87,54 / 21,46	104,98 / 20,87	83,86 / 19,25	93,7 / 2
Gluten humide	30,60	26,25	28,80	28,5	28,8
Gluten sec	10,8	9,9	9,96	8,84	9,5
Caractères du gluten	»	»	»	»	»
Coefficient d'hydratation	64,7	63	66,1	65,57	66,9
Humidité de la farine	15,12	14,96	15,14	15,04	15,1
Essai Pelsenke — temps de gonflement	»	»	»	»	»
Essai Pelsenke — temps de rupture	»	»	»	»	»
Matière grasse	1,06	1,4	1,2	1,1	1,0
Cendres	0,64	0,71	0,6	0,53	0,4

nes (bis).

	3e Série (*bis*) : Denizé				5e Série (*bis*) : Beaupréau				
elle *bis*	Parcelle 12 *bis*	Parcelle 13 *bis*	Parcelle 14 *bis*	Parcelle 15 *bis*	Parcelle 21 *bis*	Parcelle 22 *bis*	Parcelle 23 *bis*	Parcelle 24 *bis*	Parcelle 25 *bis*
-36	6-12-36	5-12-36	5-12-36	5-12-36	8-12-36	21-11-36	11-11-36	19-12-36	11-12-36
330	5,300	5,600	4,260	4,125	3,045	4	4,345	4	4,915
2	15,5	15,5	15,75	15,75	14,5	14,25	14,75	14,75	14,50
	40	42	21	20	55	80	65	60	86
400	5,335	5,615	4,275	4,105	3,100	4,050	4,350	4,060	4,490
3	17,6	18,8	18,1	18,4	19	17,4	17,9	17,3	16,2
5	72,5	73,2	72,6	71,2	72,9	72,1	73,2	72	71,5
	3,5	3,5	3,4	2,9	3,2	3,5	3,9	3,8	3,1
7	11,4	11,4	10,9	13,6	11,2	13,1	12,3	13,4	13,1
2	11,8	11,6	11,6	11,5	12,1	10	10,8	10,2	10,7
6	0,5	0,2	1,5	0,9	0,6	1	0,2	0,3	1,5
50 31 19,53	/35 94 \19,91	/37 99,57 \19,57	/31 83,67 \19,5	/32 81,7 \21,5	/31 100 \18,70	/30 70 \20,46	/36 82,63 \17,84	/35 73,25 \16,78	/38 88,19 \20,40
4	24,6	25,35	24,9	37,2	25,05	27,90	21,1	24	22,2
48	9	9,3	9,96	13,2	9	10,05	8,85	8,94	8,31
»	»	»	»	»	assez élastique	élastique	assez ferme	un peu mou	très élastique
09	63,41	63,31	60	64,51	64,40	63,97	61,68	62,75	62,75
22	15	14,94	15,4	15,36	14,90	14,76	14,66	14,74	14,76
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
11	0,88	0,94	0,90	0,98	0,98	0,97	0,95	0,77	1,03
51	0,44	0,49	0,48	0,46	0,46	0,42	0,46	0,45	0,51

TABLEAU 40. — *Analyses*

	2e Série (*bis*) : La Bohalle				
	Parcelle 6 *bis*	Parcelle 7 *bis*	Parcelle 8 *bis*	Parcelle 9 *bis*	Parc 10
Acidité (en gr. de SO^4H^2) %	0,066	0,060	0,0627	0,0568	0,0
Azote total de la farine	1,722	1,554	1,652	1,456	1,4
Azote soluble dans l'eau	0,49	0,476	0,49	0,49	0,3
Rapport $\frac{\text{azote soluble}}{\text{azote total}}$	28,45	30,63	23,67	33,65	25,3
Extrait total sec	10,8	9,9	9,96	8,84	9,5
Azote total de l'extrait	1,47	1,239	1,47	1,26	1,1
Gliadine totale	5,91	5,25	5,61	5,30	4,8
Azote de la gliadine	0,840	0,798	0,840	0,798	0,7
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{extrait total}}$	54,73	53,04	56,33	53,87	51,4
Rapport $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote gluténine}}$	1,33	1,80	1,33	1,72	1,9
Rapport $\frac{\text{azote gliadine}}{\text{azote extrait total}}$	57,14	64,40	57,14	63,33	66,0
Gluten calculé	9,18	7,74	9,18	7,87	7,3
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluten calculé}}$	64,37	67,82	61,11	67,34	66,3
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$	1,20	1,12	1,29	1,49	1,0
Coefficient par lequel il faut × Az. de l'extrait pour obtenir gluten sec	7,34	7,98	6,77	7,8	8,0
Coefficient par lequel il faut × pour obtenir gliadine	7,03	6,57	6,67	6,64	6,3

ines (bis) (suite).

3e Série (*bis*) : Denizé					5e Série (*bis*) : Beaupréau				
rcelle 1 *bis*	Parcelle 12 *bis*	Parcelle 13 *bis*	Parcelle 14 *bis*	Parcelle 15 *bis*	Parcelle 21 *bis*	Parcelle 22 *bis*	Parcelle 23 *bis*	Parcelle 24 *bis*	Parcelle 25 *bis*
0,066	0,0627	0,074	0,074	0,07	0,082	0,074	0,078	0,078	0,0745
484	1,918	1,302	1,47	1,792	1,589	1,617	1,637	1,47	1,484
0,399	0,441	0,35	0,385	0,406	0,42	0,385	0,406	0,434	0,42
3,88	22,98	26,88	26,19	22,65	26,43	23,8	24,8	29,52	28,3
9,48	9	9,3	9,96	13,2	9	10,5	8,85	8,94	10,76
1,176	1,176	1,26	1,3	1,638	1,239	1,302	1,155	1,197	1,47
5,88	5,43	6,24	5,97	7,56	5,24	6,33	5,4	5,39	7,56
0,798	0,798	0,798	0,840	0,924	0,726	0,882	0,798	0,74	1,03
1,42	62,03	60,34	67,1	59,94	58,22	62,98	61,01	60,28	70,26
2,11	2,11	1,72	1,62	1,29	1,39	1,7	1,56	1,51	2,36
7,84	67,84	66,66	70,96	71,79	58,59	67,74	69,09	61,32	70,07
7,35	7,35	7,87	8,12	10,23	7,74	8,13	7,21	7,48	9,18
0	73,87	79,28	73,52	73,9	67,7	77,86	74,89	72,05	82,35
1,63	1,82	2,03	1,49	1,34	1,56	2,1	1,05	1,61	2,34
8,06	7,65	7,38	7,64	8,05	7,26	7,71	7,66	7,46	7,32
7,36	6,8	7,42	6,46	6,43	7,22	7,17	6,76	7,29	7,34

Si nous reprenons les comparaisons de nos blés en examinant les farines (bis) nous arrivons sur les trois séries étudiées aux conclusions suivantes.

1. **Série Alluvions de Loire (La Bohalle).** — Le coefficient d'hydratation varie de 63 à 66,97.

$\frac{\text{L'azote soluble eau}}{\text{azote total}}$ minimum, pour la parcelle 8 *bis* (23,67), est maximum pour la parcelle 7 *bis* et 9 *bis* qui devront être les plus mauvaises.

Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ très faible, varie peu. Le chiffre maximum est donné par la parcelle 9 *bis* qui serait la meilleure.

Le W maximum appartient à la parcelle 8 *bis*, suivie de près par la parcelle de terre vierge 6 *bis* et la parcelle 10 *bis*.

L'examen des courbes extensimétriques montre que la courbe 9 *bis* serait la meilleure, comme tendant vers le type 2, malgré un W faible (minimum de la série).

La parcelle 9 reste la meilleure malgré les modifications importantes des facteurs analytiques des deux farines extraites.

2. **Série Tuffeau (Denizé).** — Le coefficient d'hydratation varie de 60 à 64,51.

Le rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ est minimum pour les parcelles 12 *bis* et 15 *bis*.

Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ le meilleur est celui de la parcelle 13 *bis*, puis celui de la parcelle 12 *bis*.

Le W, maximum pour le blé de terre vierge (parcelle 11) l'est ensuite pour la parcelle 13 *bis*.

L'examen des courbes montre que celle du blé n° 11 (terre vierge) puis 12 *bis* et 13 *bis*, sont les meilleures.

Rappelons que, sur les farines de première mouture, les blés les meilleurs étaient ceux des parcelles 12 et 14. La parcelle 12 conserve donc ses propriétés malgré le vieillissement du blé.

3. **Série Argile du Choletais (Beaupréau).** Le coefficient d'hydratation varie de 61,68 à 64,40.

Le rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$ maximum pour la parcelle 24 *bis* est minimum pour la parcelle 22 *bis*.

Le rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$ le meilleur, est donné par la farine provenant de la parcelle 25 *bis*, puis de la parcelle 22 *bis*.

L'examen des courbes donnerait incontestablement le 23 *bis* et le 24 *bis* comme étant les meilleurs blés.

Le W maximum appartient à la terre sans engrais : 21 *bis*, puis à la parcelle 25 *bis*. Il y a ici indétermination, ce qui s'était d'ailleurs produit sur les farines de première mouture.

Ajoutons également, ici, que le coefficient par lequel il faut multiplier l'azote de la gliadine pour obtenir la gliadine s'est modifié dans les séries *bis*. Le coefficient a encore fortement augmenté. De 6,52 sur alluvions de Loire, il passe à 6,64. Pour le tuffeau, de 5,95 ce rapport passe à 6,89. Enfin pour l'argile de Beaupréau, le coefficient qui était de 6,83 devient 7,25.

Cette augmentation paraît traduire les transformations profondes que la maturation doit produire dans la composition des albuminoïdes des blés.

Dans les trois séries de blé où deux moutures espacées ont été possibles, nous notons (sauf pour les parcelles 22 et 24 dont le W est resté constant), une élévation considérable du W.

Nous remarquons également, qu'au point de vue rapport $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$, certains blés présentent des variations notables; d'une façon générale, ce rapport augmente.

Le rapport $\frac{\text{N gliadine}}{\text{N de l'extrait total}}$ subit une diminution importante. L'acidité de la farine ne présente pas de variation pour les blés d'alluvions (La Bohalle), mais diminue pour les blés de tuffeau (Denizé) et augmente pour ceux d'argile (Beaupréau). Le coefficient d'hydratation du gluten diminue dans tous les cas.

Nous voyons donc l'importance qu'il y a, si l'on veut opérer des comparaisons entre des farines, à s'adresser à des échantillons de blé du même âge et dont la maturation soit identique.

On ne saurait trop insister sur cette nécessité expérimentale dont nous avons tenu compte, nos moutures ayant toutes été faites en l'espace de quelques jours.

Au point de vue pratique, nous voyons d'autre part que les blés fraîchement battus donnent des farines à W plus faibles et dont les qualités marchandes risquent, par suite, d'être inférieures à celles de blés plus anciens.

B. — ÉLÉMENTS ENLEVÉS SUR CHAMP PAR 10 TIGES DE BLÉ

Sur 4 séries d'essais de terres différentes nous avons évalué à nouveau les éléments enlevés par 10 tiges de blé cultivées sur champ. Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus.

TABLEAU 41. — *Minéralisation. — Poids d'éléments enlevés aux différentes terres par* 10 *pieds de blé.*

Nature des terres	SiO^2	CaO	MgO	P^2O^5	P	SO^3	S	K^2O	Na^2O
1 à 5. Tangue vierge.....	2,219	0,0764	0,0506	0,1185	0,0516	0,0480	0,0193	0,4458	0,0103
Tangue engrais.....	2,682	0,0849	0,0498	0,1268	0,0553	0,0516	0,0208	0,4479	0.00716
6 à 10. Alluvions vierge.....	2,189	0,03125	0,0373	0,0240	0,0104	0,0130	0,0052	0,1925	0,0131
Alluvions engrais.....	1,935	0,0399	0,0461	0,031	0,0136	0,0172	0,0069	0,2762	0,0226
11 à 15. Tuffeau vierge.....	0,9309	0,0301	0,0177	0,046	0,0201	0,0093	0,0037	0,0518	0,0029
Tuffeau engrais.....	1,458	0,0506	0,0312	0,0664	0,0289	0,0174	0,007	0,1592	0,0071
16 à 20 Argile vierge.....									
Argile engrais.....									
21 à 25. Argile vierge.....	0,4085	0,0326	0,0306	0,0328	0,0133	0,0165	0,0066	0,1314	0,0111
Argile engrais.....	0,8046	0,0339	0,0450	0,0542	0,0235	0,0177	0,0071	0,1588	0,0133
26 à 30. Crétacé vierge.....									
Crétacé engrais.....									

Si nous faisons la somme des éléments enlevés sur champ par 10 pieds de blé et si nous comparons avec les totaux d'éléments enlevés sur pots par 10 pieds de blé à 10 kg. de terre nous arrivons au tableau suivant :

TABLEAU 42. — *Comparaison entre les teneurs en éléments enlevés par 10 pieds de blé cultivés en pots, et sur champ.*

		POTS		CHAMPS	
		avec SiO^2	sans SiO^2	avec SiO^2	sans SiO^2
Tangue	Vierge	0,7726	0,3486	3,0395	0,8205
	Engrais	1,0257	0,3407	3,5262	0,8442
Alluvions de Loire	Vierge	0,719	0,219	2,5157	0,3267
	Engrais	0,676	0,380	2,3885	0,4535
Tuffeau (Denizé)	Vierge	0,9485	0,3975	1,1125	0,1816
	Engrais	1,0448	0,4028	1,8258	0,3678
Argile (Beaupréau)	Vierge	0,5298	0,3238	0,6834	0,2749
	Engrais	0,559	0,194	1,1581	0,3535

On remarque immédiatement la minéralisation importante des blés poussés sur tangue du marais de Dol, sorte de terre de polder. Cette minéralisation est, sur champ, environ 3 fois égale à celle donnée par les tuffeaux et les terrains argileux. Les alluvions de Loire, terre perméable et profonde, donnent encore une minéralisation totale importante. Le tuffeau est le sol qui fixe proportionnellement le plus de silice et la plus faible quantité des autres éléments.

Un simple examen du tableau montre le rôle extrêmement important joué par la silice dans la minéralisation des blés.

En résumé, on peut évaluer la fertilité des 4 sols examinés en comparant les sommes des éléments enlevés par 10 tiges de blés à 10 kg. de terre dans des cultures en pots et dans des cultures sur champ. Tout se passe comme si :

10 tiges de blé sur terre de « tangue » sans engrais avaient à leur disposition 39 kg., 3 de terre vierge, ou 23 kg., 5 de terre ayant reçu des engrais.

10 tiges de blé sur terre « d'alluvions de Loire » sans engrais utilisent la même dose d'éléments que s'ils avaient à leur disposition 34 kg., 9 de terre vierge ou 14 kg., 9 de terre ayant reçu des engrais.

10 tiges de blé sur terre de « tuffeau » donnent une minéralisation égale à celle qu'ils pourraient prendre à 11 kg., 7 de cette terre sans engrais ou à 4 kg., 8 de terre avec engrais.

10 tiges de blé sur argile donnent une minéralisation égale à celle qu'ils pourraient emprunter à 12 kg., 8 de terre sans engrais et à 8 kg., 4 de terre avec engrais.

C. — EMPLOI, COMME ENGRAIS, DU CHLORURE DE CALCIUM

Nous avons signalé (page 69) l'intérêt d'une étude de l'action que peut exercer le chlorure de calcium dans la culture du blé. L'idée d'un effet possible de ce corps nous est venue à la suite de la constatation suivante. En 1933-34 nos essais de culture en pots avaient été complètement compromis par la verse; les solutions d'alimentation étaient trop concentrées. Trois pots de blé, sur les trente en expérience, se comportèrent différemment : pas de verse, pas d'invasion cryptogamique, blé jaune à port rigide, beaux épis avec grains bien formés. Or, les trois pots remarqués étaient tous les trois ceux dont les solutions d'alimentation contenaient du chlorure de calcium. Sur la petite quantité de grain obtenue nous avons procédé à l'analyse chimique des blés de deux pots; le reste et le blé du troisième ont été soumis à l'essai extensimétrique de l'appareil Chopin (modèle réduit); le W s'est montré très satisfaisant.

Intéressés par ces essais de 1933-34 nous avons cherché si d'autres auteurs avaient déjà signalé le rôle du chlorure de calcium. Nous avons relevé trois communications intéressant le rôle de ce sel sur les végétaux. Cericke (170) signale la supériorité du pain dont le blé avait été cultivé avec emploi du chlorure de calcium (essais faits en pots). Meurice et Demortier (Gembloux, Belgique) constatent que le chlorure de calcium à faible dose exerce une action favorable à la croissance de « Phragmites communis » et de « Catabrosa », mais devient toxique à haute dose. Enfin dans son étude sur « le rôle du chlorure de calcium en agronomie » M. Vincent fait justice du préjugé

qui tendrait à considérer ce sel comme toxique. Les recherches ont porté sur la culture de plantes très diverses : betteraves, blés de printemps, pommes de terre, seigle, trèfle. L'auteur conclut : « Le chlorure de calcium, qu'il prenne naissance dans les sols ou qu'il y soit apporté, mobilise les bases alcalines, met en valeur les réserves du sol. Il solubilise tout particulièrement le potassium combiné des sols et met obstacle à l'assimilation du chlorure de sodium par les plantes, c'est un antitoxique. A toute concentration, le chlorure de calcium est un calcifiant ; il libère de la potasse et contribue aux accroissements de rendement. Le chlorure de calcium devra améliorer les terres conquises sur la mer, les terrains salés et alcalins ».

Cette étude corrige, à notre avis, l'opinion de Becquerel émise en 1848, et préconisant l'utilisation du cholrure de sodium comme engrais. Il attribuait à ce sel un rôle bienfaisant. Il rappelait la richesse des polders et la pratique d'agriculteurs anglais qui, de tout temps, faisaient des apports de sel marin et obtenaient de fort bons résultats. Il résumait l'action du chlorure de sodium par la réaction $2\ NaCl + Co^2Ca \rightarrow Co^3 Na^2 + CaCl^2$.

Ajoutons enfin que Demoussy (175) constate que l'augmentation du taux de calcium soluble dans le milieu nutritif ne gêne nullement l'absorption, au contraire. Ce fait s'accorde avec les analyses de Boussingault montrant qu'une récolte de légumineuses plâtrée était plus riche en potasse qu'une non plâtrée. La présence du calcium soluble favorise l'absorption de la potasse.

A la suite de nos essais de 1933 nous avons entrepris des expériences sur champs portant sur deux années 1934-1935 et 1935-1936. A titre documentaire nous reproduisons ci-dessous les résultats de tous ces essais.

1. **Essai de 1933 sur pots de sable.** — L'arrosage de cette culture sur sable se fit avec des solutions placées dans deux barricauts de 5 litres, obtenues en utilisant une liqueur-mère commune à toutes les formules et des solutions de différents sels.

La solution-mère contenait, pour 10 litres

20 g. 5 de $SO^4(NH^4)^2$
288 g. de $SO^4Mg\ 7\ H^2O$
22 g. de NO^3Na.
365 g. de NaCl
20 g. de $SO^4Fe\ 7\ H^2O$
5 g. de $Zn\ Cl^2\ 6\ H^2O$

et des traces de Cu, Pb, As, I, Bo, Ur, Fe, Ni, Co.

Les solutions secondaires étaient formées de :

205 g. de $(NO^3)^2$ Ca par litre,
200 g. 7 de PO^4HK^2
298 g. de $(NO^3)^2\ NH^4$
199 g. de $CaCl^2\ 6\ H^2O$
197 g. de $PO^4H\ (NH^4)^2$
126 g. de NO^3K
49 g. 5 de SO^4H^2
19 g. 1 de $SO^4(NH^4)^2$
175 g. de $SO^4Mg\ 7\ H^2O$
160 g. de $(NO^3)^2\ Mg\ 6\ H^2O$
11 g. 2 de silicate de K.

Les 3 pots alimentés par solution contenant du $CaCl^2$ recevaient :

Pot n° 5 : 50 cc. de solution-mère, puis
0 g. 115 de $(NO^3)NH^4$ ou 0 cc. 4
0 g. 975 de $(NO^3)Ca$ ou 4 cc. 75
2 g. 545 de $CaCl^2$ ou 12 cc. 8
0 g. 242 de silicate de K : 8 cc. 3
1 g. 38 de PO^4HK^2 ou 6 cc. 9

avec l'eau nécessaire pour compléter à 5 litres.

Les rapports sont :

$$\frac{N}{Ca} = \frac{1}{3}.\ \frac{N}{K} = \frac{1}{3}.\ \frac{N}{P} = 1.\ \frac{N}{S} = 1.\ \frac{N}{Mg} = \frac{5}{3}.\ \frac{N}{Na} = \frac{5}{3}.\ \frac{N}{Cl} = \frac{1}{4}.$$

Pot n° 6 : 50 cc. de solution-mère, puis
0 g. 350 de $(NO^3)^2NH^4$ ou 1 cc. 2
0 g. 975 de $(NO^3)^2Ca$ ou 4 cc. 75
2 g. 545 de $CaCl^2$ ou 12 cc. 8
0 g. 242 de silicate de K ou 8 cc. 3
1 g. 380 de PO^4HK^2 ou 6 cc. 9

avec l'eau nécessaire pour compléter à 5 litres.

Rapports :

$$\frac{N}{Ca} = \frac{1}{2}.\ \frac{N}{K} = \frac{1}{2}.\ \frac{N}{P} = 1{,}53.\ \frac{N}{S} = 1{,}53.\ \frac{N}{Mg} = 2{,}42.\ \frac{N}{Na} = 2{,}42.$$

Pot n° 7 : 50 cc. solution-mère, puis

1 g. 430 de $(NO^3)NH^4$ ou 4 cc. 75
0 g. 975 de $(NO^3)^2Ca$ ou 4 cc. 75
2 g. 545 de $CaCl^2$ ou 12 cc. 8
0 g. 242 de silicate de K ou 8 cc. 3
1 g. 380 de PO^4HK^2 ou 6 cc. 9.

Compléter la solution à 5 litres avec de l'eau.

Rapports :

$$\frac{N}{Ca} = 1, \frac{N}{K} = 1, \frac{N}{P} = 3, \frac{N}{S} = 3, \frac{N}{Mg} = 5, \frac{N}{Cl} = 0{,}76 \frac{N}{Si} = 7{,}1$$

TABLEAU 43. — *Analyse des blés obtenus sur les pots n° 5, n° 6 et n° 7.*

	Azote total du blé	Azote total de la farine extraite à 60% au laboratoire.	Azote soluble eau de la farine à 60% extraite au laboratoire.	Rapport *azote sol. eau* sur azote total de la farine.
Blé Wilhelmine.. (témoin)	1,526	1,480	0,28	18.91
Blé du pot n° 5...	2,7	2,53	0,34	13,4
Blé du pot n° 6..	2,83	2,67	0,28	10,5

Le reste des grains des pots n^{os} 5 et 6 et ceux du pot n° 7 examinés à l'extensimètre Chopin (modèle réduit) donnent les chiffres extensimétriques suivants :

P = 71, G = 72, S = 18.4, Pg = 1.25, H = 12.9 W = 157.5.

Correction par rapport au grand extensimètre 105 à 110.

Le blé de semence donnait les déterminants extensimétriques suivants :

P = 45, G = 6,5, S = 8, Pg = 12, H = 11,4 W = 74.6.

Correction par rapport au grand extensimètre W = 60 à 65.

2. **Essais 1934-1935.** — A l'automne 1934, nous semons dans un champ de terre argileuse des environs de Rennes, à la Chapelle-Thouarault, quatre parcelles de blé : deux sont ensemencées du même poids de blé « Wilhelmine », les deux autres de « Vilmorin 23 ». Les parcelles avaient préalablement reçu des engrais d'automne en quantités égales. Au printemps 1935, nous répandîmes sur une parcelle « Vilhelmine » et une parcelle « Vilmorin 23 » une quantité égale de nitrate de soude additionnée de chlorure de calcium. A la moisson, les gerbes mises à part furent pesées, le blé battu et pesé puis conservé environ deux mois, il fut alors soumis à l'analyse chimique et sa farine à l'essai extensimétrique. Les deux blés traités au chlorure de calcium présentaient une augmentation de 10 points en ce qui concerne le W. Ce résultat était d'autant plus intéressant que le rendement en paille et en blé ne fut pour ainsi dire pas changé.

On trouvera ci-dessous les résultats analytiques concernant ces essais.

1° *Semences et engrais* : Chacune des 4 parcelles avait reçu à l'automne 1 kg. 2 de superphosphate à 16 %; 0 kg. 45 de chlorure de potassium; 0 kg. 6 de sulfate d'ammoniaque. Au printemps il fut apporté à chaque parcelle : 0 kg. 9 de nitrate de soude, répandu après dissolution pour obtenir une répartition plus homogène. Les 2 parcelles à comparer furent arrosées en plus, avec une solution contenant 0 kg. 150 de chlorure de calcium anhydre soit 0 kg. 3 de $CaCl^2$ 6 H^2O.

Tableau 44. — 2° *Rendement.*

Désignation des parcelles (30 m² chacune)	Rendement en blé	Rendement en paille	Rendement en blé à l'ha.
1. Wilhelmine sans $CaCl^2$.....	3.333 kg.	5.667 kg.	44 hl.
2. Wilhelmine avec $CaCl^2$.....	2.800 kg.	6.200 kg.	37 hl.
3. Vilmorin 23 sans $CaCl^2$.....	3.080 kg.	7.250 kg.	40 hl.
4. Vilmorin 23 avec $CaCl^2$.....	3.680 kg.	6.980 kg.	48 hl.

TABLEAU 45. — 3° *Analyse des blés à l'extensimètre.*

Désignation des parcelles	W	P	G	PG	Surface	Humidité de la farine à 70,5 %	Gluten humide	Gluten sec	Coefficient d'hydratation du gluten
1. Wilhelmine sans $CaCl^2$	63	30	18,7	8,17	10cm²3	14,99	26,52	8,64	67,42
2. Wilhelmine avec $CaCl^2$	76	32,6	19,8	8,22	12,5	15,24	25,93	8,25	66,27
3. Vilmorin 23 sans $CaCl^2$	73,52	34	18,32	8,6	12	14,27	28,75	9,51	65,61
4. Vilmorin 23 avec $CaCl^2$	82	35	18,35	8,33	13	14,48	28,05	9	67,91

TABLEAU 46. — 4° *Analyse chimique.*

	Wilhelmine sans $CaCl^2$	Wilhelmine avec $CaCl^2$	Vilmorin 23 sans $CaCl^2$	Vilmorin 23 avec $CaCl^2$
Humidité pour 100 g. de blé	14,9	15,8	14,5	14,9
Azote total pour 100 g. de blé sec	1,809	1,795	1,817	1,834
Son extrait au mortier sur 100 g	21,133	26,466	24,6	23 33
Farine extraite au mortier sur 100 g	78,86	73,534	75,4	76,67
Humidité de 100 g. de farine	13,7	14,05	14,75	12,45
Azote de l'enveloppe de 100 g. de blé sur matière sèche	0,478	0,374	0,458	0,447

TABLEAU 46. — 4° *Analyse chimique (suite).*

	Wilhelmine sans $CaCl^2$	Wilhelmine avec $CaCl^2$	Vilmorin 25 sans $CaCl^2$	Vilmorin 23 avec $CaCl^2$
Azote de l'amande (de 100 g. blé sec).....	1,331	1,421	1.359	1.387
Azote du soluble dans alcool à 70° (extrait sur farine provenant de 100 g. blé sec)....	0,886	0,83	0,91	0,87
Rapport $\frac{\text{Az. sol. dans alc. à 70°.}}{\text{Az. total du gr.}}$	48,97	46,24	50,08	47,48
Rapport $\frac{\text{Az. sol. dans alc. à 70°.}}{\text{Azote total de l'amande provenant de 100 g. de blé sec.}}$	66,57	58,4	68,96	62,78

Il est intéressant de constater en passant que le diagramme du « Vilmorin 23 » de semence était d'allure 2, ainsi d'ailleurs que le blé de semence « Wilhelmine » d'importation hollandaise. Il semblerait que le fait de cultiver de tels blés sur argile ait tendance à leur faire prendre l'allure 3 tout en augmentant la valeur absolue du W.

3. **Essais 1935-1936.** — Nous avons renouvelé l'expérience en 1935-36, et nous donnons ci-après le compte rendu des essais et des résultats obtenus.

Un petit champ de 60 ares environ, sis à la Chapelle-Thouarault (Ille-et-Vilaine), en terre argileuse, reçut à l'automne 30 m^3 de fumier de ferme. Quatre parcelles de 30 m^2 de ce champ furent ensemencées avec du blé sélectionné « Japhet ». Au printemps, la parcelle n° 1 reçut 0 kg. 9 de nitrate de soude, réparti régulièrement par arrosage; la parcelle n° 2 reçut 0 kg. 9 de nitrate de soude, et, en plus, 0 kg. 330 de chlorure de cal-

cium à 90 %; la 3e, fut arrosée de 0 kg. 9 de nitrate de soude + 0,165 $CaCl^2$ à 90 %; enfin la 4e parcelle ne reçut rien; elle constituait le témoin. Nous avons relevé ci-après les chiffres rendant compte : *a*) du rendement, *b*) de l'analyse chimique des blés obtenus, *c*) des essais de panification pratiqués avec les farines entières extraites de ces blés.

Tableau 47. — 1° *Rendement.*

Pour 50 m²	Parcelle n° 1 0 kg 9 NO^3Na	Parcelle n° 2 0 kg 9 NO^3Na + 0,33 $CaCl^2$ à 90 %	Parcelle n° 3 0 kg 9 NO^3Na + 0,165 $CaCl^2$ à 90 %	Parcelle n° 4 Témoin (fumier)
Grain.....	4 kg. 514	3 kg. 770	4 kg. 208	3 kg. 057
Paille.....	23 kg. 77	23 kg. 69	25 kg. 32	23 kg. 16

Tableau 48. — 2° *Analyse des blés récoltés.*

	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4
Azote total sec.....	2,017	1,860	1,823	1,802
Az. de l'enveloppe sèche.	0,421	0,444	0,434	0,446
Taux d'extraction (sur 2 g.).....	68,75	68,2	70,05	70,9
Gliadine (alcool à 70°)..	0,868	0,853	0,778	0,843
Azote de l'amande.....	1,596	1,416	1,389	1,356
Azote de la gluténine...	0,728	0,563	0,611	0,513
Rapport $\frac{\text{N. gliadine}}{\text{N. gluten}}$	54,38	60,2	56,01	62,14
Rapport $\frac{\text{N. gluténine}}{\text{N. gluten}}$	45,62	39,8	43,99	37,86
Poids spécifique.....	71,75	71,5	70	71
Poids moyen d'un grain.	38 mg 66	40,53	40,91	42,58
Magnésie % (MgO).....	0,261	0,216	0,2115	0,2025

TABLEAU 48. — 2° *Analyse des blés récoltés (suite).*

	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4
Acide phosphor. (P^2O^5).	0,746	0,789	0,789	0,853
Acide sulfurique (SO^3)..	0,419	0,464	0,448	0,421
Déterm. Pelsenke (temps de rupture).....	23,25	23,25	25,5	24.56

TABLEAU 49. — 3° *Analyse des farines.*

	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4
Poids de farine obtenue (70 %).....	3,302	2,700	2,820	1,945
W. à l'extensimètre $<^{P..}_{G..}$	69,25 $<^{29}_{22}$	69,59 $<^{28}_{20,5}$	76,25 $<^{35}_{19,93}$	75,25 $<^{32}_{20}$
Gluten humide.....	30,75	24,3	23,55	22,65
Gluten sec.....	10,8	8,7	8,25	8,10
Caractère du gluten....	mou, cassant	mou, cassant	un peu ferme, cass.	ferme, cass.
Degré d'hydratation....	64,87	64,63	65,09	64,23
Humidité de la farine...	14,9	14,95	15	14.92
Azote de gliadine.....	0,966	1.008	0.860	0,798
Azote du gluten.....	1,323	1,260	1,176	1,050
Gliadine (extr. Fleurent).	6,11	6,27	5,52	5,07
Gluten total (ext. Fleurent).....	10,65	8,75	8,34	8,06
Azote de la gluténine...	0,357	0,252	0,336	0,252
Gluténine.....	4,54	2,48	2,82	2,99
Rapport $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$.....	1,34	2,52	1,95	1,69
Rapport $\frac{\text{Az. gliadine}}{\text{Az. gluten}}$....	75 %	80 %	71,42 %	76 %

TABLEAU 50. — 4° *Panification sur levure.*

Caractères du pain	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4
Poids du pain froid.....	1.040 g.	1.033 g.	996 g.	998 g.
Volume du pain froid...	2.300 cm³	2.335 cm³	2.380 cm³	2.380 cm³
Densité P/V.....	0,45	0,44	0,41	0,41

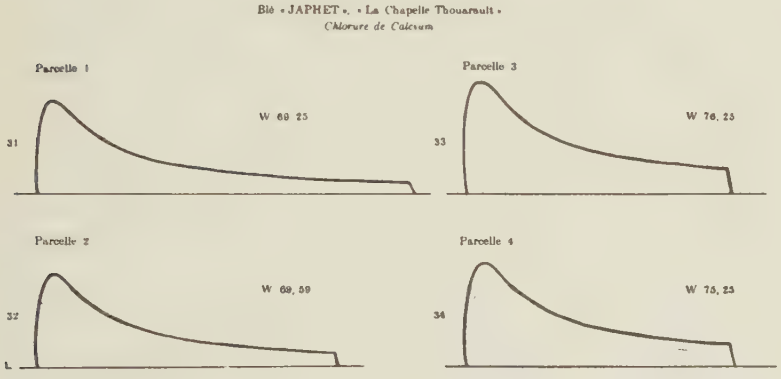


TABLEAU 51. — 5° *Panification sur levain.*

Caractères du pain	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 3	Parcelle 4
Poids du pain froid.....	963 g.	940 g.	945 g.	770 g.
Volume du pain froid...	2.635 cm³	2.408 cm³	2,690 cm³	2.610 cm³
Densité P/V.....	0,36	0.39	0.35	0.29

Les essais de panification montrent que le pain le plus léger provient du blé de la parcelle, n'ayant reçu que du fumier. L'allure de la courbe extensimétrique de ce blé est d'ailleurs celle qui tend le plus vers la forme 2. Sur levure, le blé de la parcelle n° 3 poussé au nitrate de soude et au $CaCl^2$ à 55 kg. à l'hectare, donne un pain de légèreté équivalente et la pâte donne aux essais extensimétriques une courbe tendant également vers le type 2. Par contre, l'emploi du chlorure de calcium à la dose de 110 kg. à l'hectare, diminue le rendement. Il le laisse cependant bien supérieur à celui poussé sur terre ayant reçu seulement du fumier, mais la farine obtenue donne une courbe type 3 et le pain obtenu est compact. Signalons également que le chlorure de calcium paraît augmenter la gliadine.

En résumé, sur deux variétés de blés différentes examinées en 1934-35, le chlorure de calcium a joué un rôle améliorant, au point de vue W, sans diminuer sensiblement le rendement.

Sur la variété Japhet étudiée en 1935, il a permis une bonne utilisation du nitrate de soude. Ce dernier a pu accroître sensiblement le rendement tout en donnant à la farine des qualités boulangères manifestement supérieures à celle provenant du blé n'ayant reçu que du nitrate. Les essais de panification ont confirmé ces résultats. Cependant une dose de 50 à 60 kg. de chlorure de calcium à l'hectare paraît être la dose optima. Si on double ce chiffre, le chlorure de calcium commence à manifester sa toxicité par une moins bonne utilisation du nitrate, au point de vue rendement, et par de moins bonnes qualités boulangères de la farine obtenue.

Bien des expériences doivent encore être entreprises avant de tenter l'utilisation du chlorure de calcium comme engrais. Il est cependant incontestable que ce sel en petite quantité joue un rôle bienfaisant dans les sols très pauvres en chaux ou trop riches en chlorure de sodium. La formation de $CaCl^2$ dans les sols, par les apports d'engrais chlorurés à doses utiles ne peut qu'améliorer la valeur des farines et en aucun cas la restreindre.

CHAPITRE VII

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Nous nous sommes efforcé de rechercher quelle action le sol et les engrais pouvaient exercer sur les qualités d'une variété de blé à grand rendement et à mauvaise valeur boulangère. Nous avons commencé par mettre au point une méthode d'analyse nous permettant de comparer les blés sur de très petites quantités. Puis nous avons analysé, par cette méthode, un certain nombre de blés de qualités boulangères (évaluées en W de l'extensimètre Chopin) différentes. Nous avons cherché à voir s'il y avait corrélation entre les résultats analytiques et le W. Les résultats nous ont montré que les courbes extensimétriques des blés affectaient trois allures et que les meilleurs blés appartenaient à la forme intermédiaire (forme 2). De plus pour la généralité des blés, cette allure de courbe 2 correspond à un rapport : $\frac{\text{azote extractif alcool à } 70^{o}}{\text{azote total}}$ voisin de 40.

1. **Blés alimentés sur pots de sable par des solutions nutritives.** — Ayant fixé nos méthodes d'analyses nous avons procédé à des cultures en pots de sable alimentés par des solutions nutritives où les éléments fertilisants étaient dans des rapports simples par rapport à l'azote.

Ces expériences ont montré que les engrais donnés en solution produisaient des blés présentant d'assez fortes variations dans le rendement et dans la teneur en azote total. *Quand le rapport* $\frac{N}{Ca}$ *est très élevé* (3) *le blé est sujet à la verse. Le maximum d'azote* total est obtenu par le blé ayant reçu la dose minimum de potasse (rapport $\frac{N}{K} = 5$). Par contre, le *rendement maximum* est

obtenu avec la solution *la plus riche en potasse. Remarquons enfin que les blés alimentés par solutions nutritives titraient une unité d'azote de plus que les blés de grande culture.*

Évidemment, il était difficile de tirer des conclusions sur les variations de la valeur boulangère, à cause de la petite quantité de grains obtenus. Cependant la constance relative du rapport : $\frac{\text{N extractif alcool}}{\text{N total.}}$ nous conduit à penser que la valeur boulangère n'est guère affectée par les engrais donnés en solution. La plante semble exercer un choix en rapport avec sa nature, ce qui corrobore l'opinion déjà émise par Demoussy en 1898 (*C. R. A. Sciences*, p. 970).

Cette considération nous a conduit à faire parallèlement des essais sur pots de terres de provenances diverses.

2. **Cultures en pots de terre d'origine variée.** — Sur ces terres nous avons étudié l'action des engrais en faisant varier les quantités d'azote, d'acide phosphorique, de potassium, entrant dans la composition des engrais ou amendements ajoutés.

Nous avons conclu de ces essais que les engrais exercent une action un peu différente suivant les sols.

Le *rendement maximum* est déterminé soit par un *excès de potasse* (tangue, jurassique) soit par un *supplément d'acide phosphorique* (alluvions de Loire, Sable sénonien) soit enfin par un *très fort apport de nitrate de Na* (tuffeau). *Le rendement minimum* est en général donné par les *terres vierges* et *dans les terres imperméables par la substitution du sulfate d'ammoniaque, au nitrate de soude.*

De plus, dans ces *terres imperméables, les blés les plus azotés sont déterminés par la formule d'engrais classique* ($N\text{-}P^2O^5\text{-}K^2O$) *à laquelle on ajoute au besoin un amendement calcaire.* Par contre dans les terres assez perméables (tuffeau, alluvions) *une double dose de potasse* et une *addition de sulfate d'ammoniaque* déterminent la *production des blés azotés.* Dans le jurassique c'est un excès *de nitrate de soude* qui a donné le blé le plus riche en protéines.

3. **Cultures en plein champ.** — Seuls les essais en grande culture pouvaient nous permettre de tirer des conclusions indiscutables sur l'action exercée par le sol et les engrais. Aussi avons-nous cultivé le blé « Wilhelmine » sur 6 terres, dans trois régions distinctes, en faisant varier les quantités d'azote, d'acide phosphorique, de potasse, des engrais et des amendements nécessaires.

Au point de vue *rendement*, la *potasse* exerce une action très considérable et cela sur presque tous les terrains. Quant à la *teneur en azote total*, le *sol vierge* donne en général le meilleur résultat mais au détriment du rendement. Si donc, l'on veut obtenir un bon rendement et avoir à la fois un blé glutineux, on devra, suivant la nature physique et chimique des terres, utiliser des engrais complets en forçant tantôt un élément, tantôt un autre.

4. **Formules d'engrais à préconiser d'après les résultats de l'analyse chimique.** — *a)* Sur *tangue*, le sol particulièrement riche permet *d'augmenter le rendement par un apport de potasse, sans assister à une diminution marquée de la teneur en azote*;

b) *Sur alluvions de la Vallée de Loire*, la *formule de fumure classique donne un rendement convenable avec un blé assez glutineux*;

c) La terre de *tuffeau est* justifiable d'un *apport supplémentaire d'acide phosphorique* à côté de la formule classique (N, P^2O^5, K^2O) si l'on veut rendement et teneur élevée en azote;

d) *L'argile* de la plaine de Rennes donnera un blé riche en azote, avec un rendement suffisant, en utilisant la *formule classique, sans oublier la potasse et les amendements calcaires* ;

e) *L'argile* du Choletais est justiciable des mêmes engrais;

f) Le *jurassique* de Charente sera justifiable de la formule classique. On pourra augmenter le rendement et la teneur azotée du blé en augmentant l'apport de nitrate de soude.

L'évaluation de la valeur boulangère a été faite sur farines dites « entières » à taux d'extraction voisin de 70 %.

Sur ces farines nous avons effectué l'analyse chimique complète et déterminé en particulier les rapports $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$, $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$. Nous y avons joint l'étude physico-chimique des pâtes à l'extensimètre Chopin : W, allure de la courbe, et complété ces analyses par des essais de panification sur levain et levure.

5. **Formules d'engrais à préconiser d'après les résultats de la panification.** — Les résultats obtenus conduisent aux conclusions suivantes :

a) Sur *tangue*, la terre ayant reçu le plus de *potasse* donne le blé ayant la *meilleure valeur boulangère* et par suite nous conserverons comme optima la formule d'engrais classique, mais en lui ajoutant un apport supplémentaire de potasse;

b) *Sur alluvions* de Loire, le meilleur blé, au point de vue panification, a été donné par la parcelle où l'on a remplacé le nitrate de soude par du sulfate d'ammoniaque dont l'assimilation est progressive mais totale dans ce sol perméable. En résumé, les analyses chimiques et les essais de panification conduisent à préconiser la fumure classique, mais en remplaçant la majeure partie du nitrate de soude par du sulfate d'NH^4;

c) Sur *tuffeau*, la formule ordinaire d'engrais et le remplacement du chlorure de potassium par la dose équivalente de sulfate de potassium a donné le blé le meilleur au point de vue boulanger. Il n'y a pas concordance entre les résultats de l'analyse chimique et ceux de la panification. On peut dès lors conseiller d'utiliser la fumure classique, mais en augmentant la dose d'acide phosphorique et en remplaçant une moitié du chlorure de potassium par du sulfate de potassium;

d) Pour les trois autres séries (argiles et jurassique) les résultats de panification ne donnent pas de classement aussi net; on peut s'en tenir aux résultats de l'analyse chimique.

6. **Vieillissement des blés.** — Nous avons ensuite étudié les modifications qu'apportait à l'analyse chimique le vieillisse-

ment des blés. *Des moutures faites à trois semaines d'intervalle*, dans des conditions rigoureusement identiques, ont donné des farines dont les *caractères analytiques chimiques et extensimétriques sont très modifiés.*

Cependant les modifications ne sont pas si profondes qu'elles changent le classement des blés dans les trois séries examinées.

De cette étude sur la maturation des blés, nous avons tiré les conclusions suivantes :

a) Pour comparer les blés il faut s'adresser à des échantillons de même âge et de même maturation;

b) Le résultat le plus remarquable a été l'*augmentation très considérable du W des farines extraites de blés ayant trois semaines de plus de conservation.*

7. **Minéralisation des blés et rôle de la silice.** — Examinant les quantités d'éléments fertilisants enlevés par 10 tiges de blé, nous avons été amenés à remarquer que la minéralisation paraît avoir un rôle non négligeable sur la valeur boulangère. En effet, la série cultivée sur tangue, nous a donné manifestement les meilleurs blés. Or, ces derniers enlèvent au sol deux à quatre fois plus d'éléments fertilisants que ceux des autres terres. On remarque de plus que la silice doit, ainsi que certains auteurs l'ont signalé, jouer un rôle très important dans le chimisme du blé.

6. **Panification.** — Nous avons procédé, comme nous l'avons dit, à des essais de panification pour voir si les résultats obtenus classaient les farines et les blés suivant le même ordre que l'analyse chimique et extensimétrique. Nous avons opéré sur *levain* et sur *levure* et avons donné à nos blés un *coefficient de panification* calculé après examen des propriétés physiques et organoleptiques des pains obtenus.

Ces essais de panification ont permis les observations suivantes :

a) En général le coefficient de panification est plus élevé sur levain que sur levure;

b) Il n'y a pas de parallélisme rigoureux entre les résultats de classification sur levain et sur levure. Parfois même, les résultats sont opposés, mais chaque fois que le fait s'est produit, nous avions à étudier une farine *à haute dose de gluten. Pour de telles farines à gluten élevé, mou et très élastique, il est avéré que la fermentation sur levain est préférable, car le processus panaire est beaucoup plus lent et moins brutal*;

c) Y a-t-il parallélisme entre les résultats de panification et les résultats de l'analyse chimique et extensimétrique? A cette question nous pouvons répondre par l'affirmative. Cependant *la panification classe la série et par suite définit l'influence du sol, beaucoup plus qu'elle ne permet de comparer les blés d'une même série, c'est-à-dire d'apprécier le rôle d'un engrais donné.*

En résumé, l'évaluation des rapports $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$, $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$, du W par l'extensimètre Chopin et surtout l'allure de la courbe extensimétrique permet de se faire une opinion assez exacte de la valeur boulangère et de donner un classement en accord avec la panification.

9. **L'ensemble des facteurs analytiques, et non l'un de ces facteurs, détermine la valeur boulangère.** — L'examen des nombreux tableaux que nous avons donnés montre qu'il n'y a, par contre, aucun parallélisme entre un seul facteur classique influençant la valeur boulangère (N total de la farine, gluten sec, coefficient d'hydratation, $\frac{\text{N soluble eau}}{\text{N total}}$, $\frac{\text{gliadine}}{\text{gluténine}}$) et le cofficient de panification (moyenne des résultats de panification sur levain et sur levure). Il en est de même entre le W et le coefficient de panification. C'est un ensemble de facteurs qui détermine la valeur d'un blé. *Ces facteurs paraissent jouir de propriétés additives.*

Un même coefficient de panification peut être obtenu grâce à différentes combinaisons de ces divers facteurs. C'est là, nous semble-t-il, un fait important qui mériterait des recherches méthodiques sur différentes variétés de blé. Cette notion nous conduit à admettre, pour le blé, l'existence de « crus ». L'appré-

ciation organoleptique des pains obtenus à partir des blés cultivés sur différents sols nous a montré que chaque série avait un goût spécial et sensiblement modifié d'une terre à l'autre.

10. **Correction avec farine de force.** — Les essais de panification comparative que nous avons effectués montrent que les farines de blé « Wilhelmine » donnent toujours un pain assez compact. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de voir si l'introduction d'un blé de force (blé à allure extensimétrique forme 1) améliorait les propriétés boulangères de cette farine à allure extensimétrique forme 3. L'expérience a été concluante, nous avons obtenu un pain plus léger et à cavités beaucoup plus régulières. Dans un autre essai comparatif, nous avons pu nous rendre compte que le fait de dégraisser au préalable la farine de force à l'éther, n'avait guère modifié l'action améliorante de cette dernière. Enfin, l'addition de poudre de gliadine extraite à l'alcool et concentrée à froid dans le vide, n'a eu d'autre résultat que de déterminer dans le pain d'énormes cavités.

11. **Action du chlorure de calcium dans la culture du blé.** — Dans un chapitre à part nous avons étudié le rôle du chlorure de calcium comme engrais et concluons qu'au point de vue valeur boulangère le chlorure de calcium utilisé à petite dose (50 kg. à l'hectare) joue un rôle améliorant, dans les sols argileux tout au moins. Il calcifie le sol, libère la potasse, ralentit l'assimilation azotée de la plante. L'assimilation de l'azote devient progressive et permet d'obtenir des blés comparables à ceux obtenus avec apport de fumier seulement, mais avec un rendement bien supérieur. A dose un peu élevée, les propriétés toxiques de ce corps commencent à se manifester.

En résumé, nous concluons que la nature du sol et des engrais agissent dans une certaine mesure sur la valeur boulangère des blés. L'action des sols est certainement beaucoup plus marquée que celle des engrais. Ceux-ci ne semblent agir que sur le rendement, sauf dans le cas où ils compensent un élément déficient du sol. Dans ces conditions ils améliorent un peu la qualité. L'action des sols est tout autant d'ordre physique que chimique. Ce qui compte, c'est la somme d'éléments minéraux

qu'ils sont capables de fournir au blé. *Cependant l'action du sol et des engrais, si profonde sur le rendement, est insuffisante pour faire d'un blé à mauvaise valeur boulangère un blé de qualité.* Les caractères génétiques des variétés de blé sont à notre avis beaucoup plus importants et ne peuvent s'effacer que par une adaptation prolongée à des conditions climatologiques et pédagogiques nouvelles.

Nous terminerons en présentant ce travail comme une contribution à l'étude de la valeur boulangère des blés. Ainsi que l'ont montré Noachovitch (231) et Bœuf (232), ce problème est très complexe et comporte, en effet, autant de solutions que de points de vue envisagés. Ces auteurs ont établi un programme sériant les diverses questions à examiner. Notre étude envisage l'un des aspects de la question. Sous réserve des résultats possibles d'une étude rationnelle de la panification qui permettrait (ainsi que certains le pensent) de faire du bon pain avec n'importe quel blé, nous pouvons nous résumer comme suit :

La culture en France, sur différents sols, sous différentes latitudes, avec différents engrais, du blé « Wilhelmine », variété à grand rendement, mais de mauvaise réputation au point de vue aptitudes à la panification, n'a que faiblement influencé les qualités de ce blé. Nous constatons qu'une variété intéressante au point de vue rendement, en grain et en paille, mais de mauvaise qualité boulangère, n'est pour ainsi dire pas améliorable. Il en résulte, que l'on doit préconiser l'éviction de telles variétés, quitte à les améliorer par hybridation avec des espèces bien adaptées aux différents sols, aux diverses régions climatiques et présentant des qualités boulangères bien établies.

BIBLIOGRAPHIE

MÉTHODES ANALYTIQUES

1. Ammann. — Meunerie et boulangerie. *Encyclopédie Agricole.* Baillière.
2. Annen. — Erreurs commises dans la détermination du gluten (*Chim. Indust.* janvier 1931, p. 180).

3. Belluci. — Dosage de la cellulose dans les farines et sous-produits (*Chim. Indust.*, 28, n° 5, nov. 1932, 1188-824 D).
4. G. Bertrand et L. Silberstein. — Dosage de S et P dans les plantes (C. R. A. Sc., 1929, t. 189, 25 nov., p. 886).
5. P. Brière. — Méthode rapide de dosage du gluten dans les farines avec indice d'étalement (*Bul. Pharm. et Ch.*, mai 1932, p. 449).

6. Colin et Belval. — Les hydrocarbones solubles du grain de blé au cours de son développement (*C. R . A. Sc.*, 1923, 30 juillet, t. 177, p. 343.)

7. De Cugnac. — Glucides solubles des grains de blé et rapports avec la valeur boulangère (*Annales agronom.*, n° 3, 1934, p. 430).
8. Dangoumeau. — Mesure de la valeur des farines et des pâtes (*Soc. chim. de France,* juin 1936, p. 989).
9. Denigés et Dangoumeau. — Étude chimique des farines (*Soc. chim. de France*, juin 1936, p. 988).
10. Denigés. — Dosage des chlorures dans les terres, t. II, p. 330.
11. Denigés. — Dosage des phosphates des terres, solubles dans l'eau, t. I, p. 321.
12. Denigés. — Dosage du Ph : échelle colorimétrique stable, t. I, p. 622.
13. Dupont. — Variations de la teneur en azote et en gluten des blés (*Annales agronom.*, n° 3, 1925).

14. Engelke. — Importance des microméthodes dans la détermination de la qualité des blés (*Chim. Indust.*, n° 2, février 1936).

15. E. Fleurent. — Méthode chimique d'appréciation de la valeur boulangère des farines (*C. R. A. Sc.*, 1896, p. 754).

16. E. Fleurent. — Sur le dosage rationnel du gluten dans la farine de blé (*C. R. A.* Sc., 1905, p. 99).
17. E. Fleurent. — A propos de la détermination du gluten dans les blés français (*C. R. A. Sc.*, 1914, t. 158, juin 1914, p. 1591).

18. Génévois et Datoloff. — Sucres fermentescibles de la farine (*Soc. Chim.*, janv. 1936, p. 59).
19. A. Girard. — Analyse de la farine à 70 % (*C. R. A. Sc.*, 1897, p. 876 et 978).
20. Gortner et Sherwood. — Comparaison entre farines moulues au moulin et au laboratoire (*Chim. Indus.*, n° 4, 1930, p. 963).

21. Herd et Kent. — Dosage d'amidon dans les produits des céréales (*Chim. Ind.*, 25, n° 4, avril 1931, 976-640 D).
22. Hopkine et Graham. — Teneur en amidon des blés canadiens (*Soc. Chim.*, février 1936, p. 139).

23. Javillier et Sullivan. — Rapports de la richesse en azote à la teneur en divers éléments chimiques (*Chim. Indust.*, vol. 25, juillet 1925, p. 142).
24. Javillier et Djelatidés. — Sur une technique de dosage des matières protéiques des farines de blé (*Annales agronom.*, n° 3, 1934, p. 430).

25. Koster. — Effets des conditions extérieures sur le dosage de l'humidité dans les grains et farines (*Chim. Indust.*, janv. 1936, p. 163-127 D).
26. Kranz. — Extensibilité du gluten (*Chim. Indust.*, juin 1936, 1431-1011 D).
27. Kuehl et Gottschalk. — Détermination des protéines par méthode rapide (*Chim. Indust.*, n° 6, juin 1930, 1512-1040).

28. Lawrence-Schmidt. — Dosage des alcalis dans les matériaux : Campredon (*Analyse et Essai des matériaux réfractaires*, p. 235).
29. Ling et Salt. — Dosage de l'amidon (*Chim. Indust.*, vol. 28, n° 6, déc. 1932, 1439-995 D).
30. Lioubitch. — Rôle des constituants hydrosolubles pour déterminer les propriétés des farines (*Chim. Indust.*, février 1937, p. 349).

31. Mohs et Kempt. — Méthode de fermentation de blé concassé pour détermination de la valeur boulangère (137-206).

32. Neumann. — Détermination simple et rapide des propriétés du gluten (ger. getr : Muhl Backerenvesen) (*Annales agronom.*, n° 3, 1933, p. 64).

33. Niethammer. — Études microchimiques dans les farines (*Chim. Indust.*, n° 4, 1930, p. 962).

34. Pelsenke. — Méthode par fermentation pour détermination rapide de la qualité du gluten (*Chim. Indust.*, 1932, n° 4, p. 928).

35. Potel. — Importance du pouvoir réducteur des blés et farines dans l'appréciation de leur qualité (*Annales agronom.*, n° 4, 1935).

36. Potel. — Recherches sur certaines propriétés physico-chimiques des blés et farines (*Annales agronom.*, n° 5, 1935).

37. Potel et Chaminade. — Sur le potentiel d'oxydoréduction des farines (*Chim. Indust.*, juin 1935).

38. Robinson. — Microdosage des protéines dans les produits des céréales (*Chim. Indust.*, vol. 28, n° 5, nov. 1932, 1187-823 D).

39. Rôttinger. — Méthode semi-microchimique pour la détermination des qualités agglutinantes des farines (*Chim. Indust.*, vol. 22, n° 1, juillet, 146-114 D).

40. Rousseaux et Sirot. — Les matières hydrosolubles comme indice de la valeur boulangère des farines (*Annales des Falsifications*, 1915, p. 240).

41. Schweizer. — Analyse des farines (*Chim. Indust.*, n° 4, avril 1928, p. 814).

42. Sobotka. — Méthode microkjehldal pour le dosage de l'N des levures (*Soc. Chim. de France*, août-septembre, p. 537).

43. Tasman. — Détermination au laboratoire de la valeur boulangère (*Chim. Industr.*, vol. 24, n° 1, juillet 30, 187-155 D).

44. Vilkins. — Moyens permettant d'accélérer la détermination des protéines (*Chim. Indust.*, vol. 24, n° 3, sept. 1930, 700-500 D).

45. Zakova et Zak. — Les méthodes de dosage du gluten (*Soc. Chim. de de France*, août-septembre 1936, p. 552).

MINÉRALISATION

46. Anonyme. — Constituants des cendres des céréales et des farines (*Chim. Indust.*, vol. 24, n° 5, nov. 1930, 1208-853 D).

47. Navitzki. — Analyse des plantes considérées comme méthode de détermination de la fertilité et des besoins en engrais (*Chim. Indust.*, 1932, janvier, 193-153 D).

48. Sullivan. — Constituants minéraux des blés et farines (*Annales agronom.*, n° 2, 1934, p. 279).

49. Wiessmann. — Détermination de la teneur du sol en éléments fertilisants par des essais en vase (*Annales agronom.*, 1928, n° 3, p. 273).

LES PROTÉINES DU BLÉ

50. Alsberg. — Préparation, solubilité de la gliadine du blé (*J. de Pharm. et Chim.*, mai 1917).

51. Avrard. — A propos de l'extensibilité du gluten (*Bull. de l'École de Meunerie*, nov. 1936, p. 263).

52. Blish. — Protéines du gluten et du non gluten (*Chim. Indust.*, mars 1931, p. 716).

53. Blish et Sandstedt. — Nature des protéines extraites de la farine de blé par l'alcool à chaud (*Chim. Indust.*, juin 1930, p. 1511).

54. Blish. — La nature et l'identité de la gluténine du blé (*B. Sc. Pharmac.*, mars 1932).

55. Borg. — Poids spécifique et teneur en gluten (*B. des Séances de l'Académie d'Agriculture de France*, 1932, p. 199).

56. Broda. — Recherche microscopique des aleurones dans la farine par coloration (*Chim. Indust.*, oct. 1936, p. 818).

57. Burgenberg de Jong. — Formation du gluten (*Annales agronom.*, n° 1, 1934).

58. Bugenberg de Jong et Klaar. — Recherches sur les colloïdes du gluten (*Chim. Indust.*, n° 4, oct. 1930, p. 962).

59. Davis. — Essais de digestion des protéines du blé (*Chim. Indust.*, mars 1931, p. 716).

60. Dupont. — Recherches sur les variations de la teneur en azote et en gluten des blés (*Annales agronom.*, n° 3, 1925).

61. Feyte. — Observation sur les matières azotées des blés et farines (*Annales agronom.*, n° 1, 1935).

62. Fleurent. — Sur la relation qui existe entre les propriétés du gluten contenu dans les blés et la proportion des matières azotées totales (*C. R. A. Sc.*, 1903, p. 1313).

63. Gatelier et Lhote. — Étude sur la richesse en gluten des blés. Influence de la culture antérieure et influence de l'apport des engrais. (*C. R. A. Sc.*, 1889, p. 809).

64. Golossowa. — Étude sur la peptisation des protéines du gluten (*Annales agronom.*, nov. 1936, p. 349).

65. Harris. — Farines industrielles au point de vue protéine et peptisation (*Chim. Indust.*, vol. 26, n° 4, oct. 1931, 937-633 D; *Chim. Indust.*, vol. 27, n° 1, janvier 1932, 189-149 D).

66. Herzner. — Étude des protamines de la farine (*Chim. Indust.*, vol. 21, n° 4, avril 1929, 841-529 D).

67. Johnson. — Extraction des protéines par solutions d'halogénures de K et Na (*Chim. Indust.*, 1931, t. 2, p. 934-630 D).

68. Jones et Gersdorff. — Protéines du son de blé. Répartition de l'N (pourcentage d'N aminé et non aminé) (*Journal of biol. Chem. Baltimore*, 1925, 64, n° 2, p. 24).

69. Kuehl. — Détermination des protéines par une méthode rapide (*Chim. Indust.*, vol. 23, n° 6, juin 1930, 1512-104 D).

70. Larmour et Sallans. — Comparaison entre gluténine et gliadine préparées à l'aide d'une même farine (*Chim. Indust.*, vol. 28, n° 5, nov. 1932, 1187-823 D).

71. Lishkevitch et Klyachina. — Particularités des protéines de farines de blé (*Annales agronom.*, n° 4, 1925).

72. Mesmin-Nikasta. — Préparation et étude de la gluténine des céréales (*Bul. Soc. agricult. de France*, 1931).

73. Géo A. Olson. — Sur le gluten (*Annales agronom.*, 1914, n° 4, oct. 1913).

74. Robinson et Shellenberger. — Microdosage des protéines dans les produits provenant des céréales (*Chim. Indust.*, n° 5, nov. 1932, p. 1187).

75. Seidel. — Recherches sur les matières albuminoïdes de la farine (*Chim. Indust.*, n° 1, juillet 1929, p. 145).

76. Vilkins. — Moyens permettant d'accélérer la détermination des protéines (*Chim. Indust.*, vol. 24, n° 3, sept. 1930, 700-500 D).

77. Vilmorin. — Variabilité de la teneur en azote dans le blé (*Annales agronom.*, 1901, p. 73).

78. Zakova et Zak. — Sur les méthodes de dosages de gluten (*Soc. Chim. de France*, août-septembre 1936, p. 252).

79. Zolla. — Le blé et les céréales (*Annales agronom.*, 1908).

DIASTASES

80. Anonyme. — Détermination du pouvoir diastasique de la farine (*Chim. Indust.*, avril 1930, p. 991).

81. Balls et Hale. — Les enzymes protéolytiques de la farine (*Chim. Indust.*, décembre 1936, p. 1216-860 D).

82. Geoffroy et Labour. — Action des diastases protolytiques sur les protéines des farines (*Annales agronom.*, n° 2, 1935 et *Annales agron.*, nov.-déc. 1936, p. 860).

83. Green. — Pouvoir diastasique des farines (*Annales agronom.*, n° 5, 1934, p. 702).

84. Guillemet et Schell. — Le pouvoir diastasique des farines (*Chim. Indust.*, n° 2, 1934, p. 920).

85. Halsoch. — Modification de la méthode de Rumsey pour la détermination de l'activité diastasique de la farine (*Chim. Indust.*, janv. 1930, p. 193).

86. Joergenson. — Action nutritive des oxydants sur l'activité des ferments (*Soc. chim. de France*, juin 1936, p. 398).

87. Jones et Saxbry. — Pouvoir diastasique de la farine (*Chim. Indust.*, janvier 1930, p. 194).

88. Kosmin. — L'activité diastasique et ses rapports avec la valeur boulangère des farines (*Chim. Indust.*, janvier 1931, p. 54).

89. Ozvzewsky. — Pouvoir diastasique et ses rapports avec les qualités boulangères. Méthode de détermination (*Chim. Indust.*, janvier 1931, p. 180).

90. Pott. — Répartition des enzymes dans les grains du blé au repos ou au cours de la germination (*Soc. chim. de France*, fév. 1936, p. 130).

91. Read et Haas. — Influence de quelques actions diastasiques sur la valeur boulangère des farines (*Annales agronom.*, n° 5, 1934).

92. Swanson. — Facteurs influençant l'action diastasique du blé (*Annales agronom.*, n° 4, 1935).

VALEUR BOULANGÈRE

93. Alabouvette, — Qualités des blés cultivés en France. Problème de l'amélioration (*Annales agronom.*, n° 2, 1934 et *Sélectionneur*, décembre 1933).

94. B. d'Arbouêt. — Valeur boulangère d'une farine (*Chim. Indust.* 1925, t. 2, 21-21 T).

95. G. Barbade, L. Pisani-Borg, J. Duval. — Contribution à l'étude de la qualité des blés et farines 1935.

96. Braun. — Valeur nutritive et boulangère de différentes variétés de blé (Station agronom. de Chartres), (*Annales agronom.*, n° 6, 1926).

97. Centres nationaux d'expérimentation agricole de Grignon, Metz et Rennes. La valeur boulangère des blés, les variétés cultivées (1934).

98. Centres régionaux d'expérimentation agricole. — Contribution à l'étude des qualités des blés de la récolte 1935 (Troyes 1936).

99. De Cugnac. — Glucides solubles des grains de blé et rapport avec la valeur boulangère (*Annales agronom.*, mai-juin 1932).

100. Czyzewsky et Braun. — Détermination de la valeur boulangère des farines par des essais de laboratoire (*Chim. Indust.*, vol. 21, n° 4, avril 1929, 839-527 D).

101. Feyte et Potel. — Appréciation des qualités des blés et farines (*Annales agronom.*, n° 2, 1933).

102. Filaudeau. — Valeur boulangère des farines (*B. Séances de l'Acad. d'Agric.*, 1933).

103. Fisher et Halton. — Relation existant entre la concentration en ions H, la valeur tampon et la valeur boulangère (*Chim. Indust.*, n° 1, janvier 1930, p. 192).

104. Fleurent. — Les aspects biologiques, chimiques, économiques de la génétique des blés (*Annales agronom.*, n° 2, 1934, p. 280).

105. Fleurent. — Sur l'appréciation de la valeur boulangère des blés (*Annales agronom.*, n° 2, 1935).

106. Halton et Blair. — Quelques propriétés des farines en relation avec leur qualité (*Soc. Chim. de France*, nov. 1936).

107. Kling-Froidevaux, Dubois. — Rôle joué par les matières grasses dans les farines (*C. R. A. Sc.*, 1934, 198, p. 389).

108. K. Kosmin. — Activité diastasique et ses rapports avec la valeur boulangère (*Chim. Indust.*, vol. 31, janv. 1931, 180-144 D).

109. Larmour. — Mode d'évaluation des qualités boulangères (*Chim. Indust.*, n° 1, 1930, p. 192).

110. Larmour. — Relation entre la teneur en protéine et la qualité des blés contrôlée par cuisson (*Chim. Indust.*, juillet 1930, p. 186).

111. Dr Lenglet. — Le problème du pain (*Le Médecin de France*, sept. 1935, n° 17).

112. Ligue pour la fabrication du bon pain (249, rue Saint-Honoré, Paris).

113. Lindet. — Valeur boulangère des farines (*Soc. d'Agricult. de France*, p. 131, 1918).

114. Miège. — Contribution à l'étude de la valeur boulangère des blés (*Soc. d'Agricult. de France*, n° 1, 1935).

115. Mohs. — Le problème des propriétés boulangères (*Chim. Indust.*, n° 2, 1930, p. 438).

116. Mohs et Klemt. — Méthode de fermentation du blé concassé pour déterminer sa valeur boulangère (*Chim. Indust.*, août 1932, p. 437).

117. Pelsenke. — Méthode de fermentation pour la détermination rapide de la qualité du gluten (*Chim. Indust.*, vol. 27, n° 4, avril 1932, 928-636 D).

118. Pelsenke. — Résultats d'observations avec la méthode par fermentation (*Chim. Indust.*, 1933, 185-141 D).

119. Potel. — Recherches récentes sur la qualité des blés et farines (*Annales agronom.*, nov.-déc. 1936, p. 831).

120. E. Rousseaux et Sirot. — Les matières azotées solubles comme facteurs d'appréciation des farines (*C. R. A. Sc.*, 1913, p. 723).

121. Samsonow. — Méthode d'appréciation de la qualité des blés (*Annales agronom.*, n° 2, 1935, p. 207).

122. Scharnagel. — La teneur en albuminoïde est-elle un critérium de la qualité du blé et des farines (*Chim. Indust.*, n° 6, juin 1930, p. 1511).

123. Shibaev. — Méthode de détermination de la valeur boulangère (*Annales agronom.*, n° 2, 1935).

124. Schmidt. — Jugement des pains pour augmenter qualité et consommation (*Bull. de l'École de Meunerie*, nov. 1936, p. 282).

125. Schweizer et Braun. — Sur la détermination de la valeur boulangère des farines par des essais de laboratoire (*Chim. Indust.*, n° 4, avril 1929, p. 839).

126. Scribaux. — Recherches sur la valeur boulangère des blés français (*Chim. Indust.*, n° 1, 1928, p. 143).

127. Serwood. — Sélection des blés pour boulangerie par méthode de triage, p. 156-II (*Chim. Indust.*, 1931, t. 2, 935-631 D).

128. Tasman. — Détermination au laboratoire de la valeur boulangère (*Chim. Indust.*, juillet 1930, p. 187).

MÉTHODES MÉCANIQUES D'ÉVALUATION DE LA VALEUR BOULANGÈRE

129. Andouard. — 3 années d'essais à l'extensimètre sur la valeur de quelques variétés de blés (*Annales agronom.*, n° 6, 1934, p. 848).

130. Bolland. — L'aleuromètre p 961 (*Bull. de l'École de Meunerie*, nov, 1936, p. 263). — Dosage du gluten dans les farines (*C. R. A. Sc.*, 1896, p. 136-1301).

131. Borragio et Rege. — Pneumodynamomètre (*Chim. Indust.*, n° 1, 1934, p. 428).

132. Brabender. — Principes de détermination des qualités des farines par les moyens mécaniques (*Annales agronom.*, n° 1, 1934).

133. Chopin. — Extensimètre Chopin (*Chim. Indust.*, vol. 28, n° 6, déc. 1932, 1444-1000 D).

Appareil d'essai mécanique des pâtes de farine. Grands Moulins de Paris, 11, rue Croix-des-Petits-Champs.

134. Dangoumeau. — Mesure de la valeur des farines, des pâtes (*Soc. Chim. de France*, 1er avril 1936, p. 16).

135. Grands Moulins de Paris. — Appareil d'essai mécanique des pâtes de farine (extensimètre Chopin).

136. Issoglio. — L'ergomètre (*Chim. Industr.*, 1932, n° 2, 1188-824 D).

137. King. — Appareil pour électrodialyse (*Chim. Indust.*, 4 oct. 1932, p. 219).

138. Matweef. — Étude des mélanges de farines à l'extensimètre Chopin (*Annales agronom.*, n° 3, 1934, p. 415).

139. Néar et Sullivan. — Emploi du farinographe pour la mesure précise de l'absorption (*Chim. Indust.*, février 1937, p. 348).

140. Nottin et Daron. — Critique de la formule de Chopin (*Chim. Indust.*, sept. 1936, p. 604).

141. Reiman. — Méthode de détermination de la viscosité des suspensions de farines (*Annales agronom.*, 1934, n° 5, p. 702).

142. Sorg. — Adaptabilité de l'électrode de quinhydrone à l'analyse des céréales (*Chim. Indust.*, n° 3, 1930, p. 699).

143. Tasmann. — La valeur boulangère de la farine et la possibilité de la déterminer au laboratoire (viscosité) (*Chim. Indust.*, 1930, 2, 187-155 D).

INFLUENCE DU CLIMAT

144. Geslin. — Loi de croissance des blés en fonction des facteurs du climat (*Annales agronom.*, n° 2, 1935).

145. Shut et Hamilton. — Influence des facteurs du climat sur la qualité des blés (*Annales agronom.*, n° 4, 1934, p. 593).

146. Swanson. — Action des conditions de récolte sur la valeur des blés (*Chim. Indust.*, déc. 1936, p. 1216).

147. Whitcomb et Johnston. — Les effets d'un temps rigoureux sur la teneur en protéine (*Chim. Indust.*, n° 3, 1930, p. 700).

INFLUENCE DE L'ESPÈCE SUR LA VALEUR BOULANGÈRE

148. J. Courbe. — Farine panifiable et amélioration biologique (*Annales agronom.*, n° 2, 1935).

149. Gathelier et Lhote. — *C. R. A. Sc.*, 1889, p. 859, 1018-1064.

150. Institut pour l'amélioration des plantes à Wageningen (Hollande), a fourni le blé « Wilhelmine » qui a servi à nos essais.

151. Lishkewitch et Klyatchina. — Caractéristiques variétales des protéines des farines (*Annales agronom.*, n° 4, 1935; *Annales agronom.*, février 1936, p. 145).

152. Rabaté. — La génétique du blé (*Bull. Soc. nationale d'Agricult.*, 1928).

153. Rosenstiel. — Recherche sur la génétique de la qualité du gluten de blé (*Annales agronom.*, n° 2, 1935).

154. Schnelle et Heiser. — Espèce, origine, qualité du blé (*Chim. indust.*, juin 1936, p. 1431).

155. Schribaux. — Contribution à l'amélioration du blé (*Annales agronom.*, 1902, p. 67).

INFLUENCE DU SOL SUR LA VALEUR BOULANGÈRE

156. Barbier. — Nutrition minérale de la plante en fonction du milieu. (*Annales agronom.*, juillet-août 1936, p. 568).

157. Maume et Dulac. — Rôle important du milieu (sol, climat) dans l'absorption de N-P^2O^5-K^2O pour les blés ayant atteint une même époque physiologique (*Chim. Indust.*, avril 1936, p. 944).

158. Miège. — Influence du sol sur la qualité du blé (*Chim. Indust.*, mai 1936, p. 118; *Annales agronom.*, nov.-déc. 1935, p. 835).

INFLUENCE DES ENGRAIS

159. Anonyme. — Influence des engrais sur les qualités boulangères (*Annales agronom.*, n° 1, 1934, p. 118).

160. Achromeiko. — Influence de Si O^2 sur l'utilisation par la plante de P^2O^5 d'origine variée (*Annales agronom.*, n° 61934, p. 828).

161. Berthelot et André. — Sur le P. dans la végétation (*C. R. A. Sc.*, 1888, p. 711).

162. G. Bertrand. — Teneur comparative en S et en N des plantes cultivées sur un même sol (*Annales agronom.*, mai-juin 1936, p. 365).

163. G. Bertrand. — Solutions synergiques.

164. G. Bertrand. — Nécessité de recourir aux engrais soufrés en culture intensive (*Chim. Indust.*, vol. 23, 1930, 519-583 S).

165. G. Bertrand et Silberstein. — Sur l'importance des sulfates comme engrais (*C. R. A. Sc.*, 1932, p. 1349).

166. Blanchard et Chausson. — Influence d'un engrais complet sur la pression osmotique chez quelques plantes agricoles. Action spéciale des sels potassiques (*J. de Physique et Chimie*, 231, 1er sept. 1929, p. 1515).

167. Blaringhen. — Contrôle biologique de l'influence des engrais, détermination des périodes sensibles (*C. R. A. Sc.*, t. 17, 6 août 1923, p. 407).

168. Brioux et Jouis. — Action fertilisante de la magnésie (*Annales agronom.*, n° 2, 1935). — Action des fumures avec et sans sulfates (*Annales agronom.*, mars-avril 1936).

169. Burgevin et Guyon. — Utilisation de l'azote des engrais par les plantes (*Annales agronom.*, janv.-févr. 1936, p. 1).

170. Cericke. — Action que les chlorures fournis à des blés exercent sur le pain (*Chim. Indust.*, 1934, 2, 1185-809 D).

171. Cericke. — Pourquoi les apports d'engrais peuvent augmenter ou diminuer la teneur en protéines (*Journal of Agricult. Research*, 1927).

172. Clausen. — Données statistiques sur l'action de la chaux dans la nutrition de la plante (*Chim. Indust.*, vol. 26, n° 1, juillet 1931, 179-147 D).

173. Decoux. — L'action des engrais sur plantes industrielles (*Chim. Indust.*, nov. 1936, 1001-713 D).

174. Demolon. — Fumure azotée et teneur en N du grain (*Chim. Indust.*, déc. 1936, p. 1229-873 D).

175. Demoussy. — Absorption élective de quelques éléments minéraux par les plantes (*C. R. A .Sc.*, 1898, p. 970).

176. Dehérain et Dupont. — Sur l'origine de l'amidon (*C. R. A. Sc.*, 1901, p. 774).

177. Dix et Rauterberg. — *Annales agronomiques*, bull. n° 6, 1934, p. 829.

178. Ed. Gain. — Le rendement en blé peut être amélioré (*Soc. Agr. France*, 1917, p. 771).

179. Mlle Garola. — Supplément d'engrais et conséquences (*Annales agronom.*, 1927 et *Annales agronom.*, mars-avril 1936). — *Annales agronom.*, mai-juin 1938, p. 336 : Contribution à l'étude des sols dérivés des argiles à silex.

180. Germar. — A propos de certaines influences exercées par SiO^2 sur les céréales en particulier sur leur résistance à l'oïdium (*Annales agronom.*, n° 6, 1934, p. 828).

181. Guérillot. — Expériences sur l'épuisement du sol par culture sans engrais (*Annales agronom.*, mars-avril 1936, p. 211).

182. Joret et Malterre. — Emploi des engrais azotés, phosphatés, potassiques (*Annales agronom.*, mars-avril 1936, p. 187; mai-juin 1938, p. 315).

183. Landbau und Technik. — *Annales agronomiques*, sept.-oct. 1936, p. 765.

184. Lindet. — Influence des engrais azotés sur la teneur en gluten des farines (*Sc. Agricult. de France*, 1909, p. 541).

185. Mac Calla et Woodford. — Influence de l'addition de K sur la qualité du blé, p. 23 (*Sc. Chim. de France*, août-sept. 1936, p. 536).

186. Dr Maire. — Cancer et engrais chimiques (*Annales Sc. agronom.*, nov.-déc. 1931, p. 793).

187. Maume et Dulac. — Rôle important du milieu dans d'absorption de N, P^2O^5 K^2O (*Annales agronom.*, mars-avril 1936, p. 211).

188. Mazé. — Recherches sur les relations de la plante avec les éléments nutritifs du sol. Loi du minimum et lois des rapports physiologiques (*C. R. A. Sc.*, 1912 (1), p. 1711).

189. Meurice et G. Demortier. — Recherche sur la toxicité du chlorure de calcium sur « *Phragmites communis* et *Catabrosa aquatica* » (Stat. de Chimie et Physique agricole de Gembloux, Belgique, nov. 1935).

190. Miège, Alabouvette, Bormans. — Action des engrais sur la valeur boulangère (Libr. nouvelle, Rabat, Maroc).

191. Mitscherlich. — Nutrition en présence de fumures variées (*Annales agronom.*, mai-juin 1936, p. 490).

192. Neumann et Lemmerzahl. — Les fumures modifient-elles la valeur boulangère (*Annales agronom.*, n° 2, 1934, p. 80).

193. Nicolas-Chalaud et Genleys. — Fumure et valeur boulangère (*Annales agronom.*, n° 2, 1935).

194. Nolte. — Fumure et valeur boulangère (*Annales agronom.*, n° 4, 1934, p. 565).

195. P. Pichard. — Contribution à la recherche des formes et des conditions sous lesquelles le Cl du sol pénètre, ordinairement dans le végétal (*C. R. A. Sc.*, 1899, p. 615).

196. Plaff. — Influence des fumures sur la qualité des blés (*Annales agronom.*, n° 5, 1935).

197. Stoklesa. — Nouvelles recherches concernant la nutrition des blés et méthodes pour augmenter les récoltes (*Chim. indust.*, n° 2, février 1929, p. 369).

198. Th. Schloesing. — Utilisation par la plante de la K^2O dissoute dans les eaux du sol (*C. R. A. Sc.*, 1900, p. 422).

199. Sokolow. — Importance du type du sol et de la composition nécessaire en ce qui concerne la sensibilité du chlore (*Pedology*, 1934, p. 326-339; *Annales agronom.*, 1935, n° 2).

200. Thélin et Beaumont. — Effets de quelques formes d'azote sur la croissance du blé et du riz (*Annales agronom.*, n° 2, 1935).

201. Turtschin. — Influence de la potasse sur la métabolisme de l'N et des hydrates du carbone (*Annales agronom.*, n° 1, 1935).

202. Vincent. — Le soufre dans l'agriculture bretonne (*Annales agronom.*, janv-févr. 1936, p. 20).

203. Vincent. — Le chlorure de calcium en agronomie (Station agronomique de Quimper).

204. Waston. — Application d'engrais azoté à différentes reprises (*Annales agronom.*, nov.-déc. 1936, p. 877).

PANIFICATION

205. Adrian. — Pain blanc et pain bis (*Chimie Indust.*, . 1, 1928, p. 143).

206. Boldescu. — Nouvelle méthode d'interprétation des facteurs contribuant au développement du pouvoir panifiant des farines (*Chim. Indust.*, nov. 193–, 1013-725 D).

207. Dr Carrel. — L'homme, cet inconnu : opinion sur l'alimentation actuelle (1935).

208. Dangoumeau. — Note sur la fermentation panaire (*C. R. A. Sc.*, 1932, p. 1551).

209. Fleurent. — Contribution à l'étude physique et chimique de la panification (*Chim. Indust.*, 1936, mars, p. 507-756).

210. Geoffroy. — Action de la levure haute sur lévosine (*Soc. Chim. de France*, février 1936, p. 139).

211. Geoffroy. — Glucides fermentescibles et fermentation (*Soc. Chim. de France*, avril 1936, p. 257).

212. Giaja. — Respiration de la levure (*Soc. Chim. de France*, mars 1936, p. 199).

213. Guillemet, Schell et Le Fur. — Glucides fermentescibles et production gazeuse en panification (*Annales agronom.*, n° 3, 1934, p. 432).

214. Joergensen. — Action inhibitrice des oxydants sur ferments (*Soc. Chim. de France*, juin 1936, p. 398).

215. Kosmin. — Étude quantitative de la fermentation de la pâte (*Chim. Indust.*, n° 4, 1931, p. 936).

216. Le Médecin de France. — Le bon pain (*Le Médecin de France*, sept. 1935).

217. Matweef. — Recherche d'une méthode expérimentale de panification (*Annales agronom.*, n° 3, 1934, p. 416).

218. Monceaux. — Recherche sur la proportion des substances digestibles de quelques céréales et légumes alimentaires (Th. Doctorat ès Sciences, Paris, 1924, février 1925; *Bulletin Soc. Chimie biologique*).

219. Near et Suvillan. — Mesure de variabilité des levures à l'aide du fermentographe (*Chim. Indust.*, févr. 1937, p. 348-264 D).

220. Le pain de froment complet et le pain blanc (*Ind. J. Med. Research*, 1930, référence *Chim. Indust.*, 1930, t. 2, 185-153 D).

221. Peyer et Gruschwitz. — Recherches sur la structure et la composition du pain allemand (*Chim. Indust.*, sept. 1936, p. 603-439 D).

222. Dr Schmitt. — Jugement des pains pour augmenter la qualité et la consommation (*Bull. École de Meunerie*, nov. 1936, p. 282).

MATURATION DES BLÉS ET FARINES

223. G. André. — Sur les transformations des matières azotées chez les graines en voie de maturation (*C. R. A. Sc.*, 1905, p. 1417).

224. Marotta, di Stofano et Vereillo. — Maturation des farines (*Soc. Chim. de France*, oct. 1936, p. 596).

225. Piettre. — Maturation des grains de blé. Influence de quelques phénomènes physiques et chimiques (*Annales agronom.*, n° 3, 1934, p. 430).

226. Willito et Kokoski. — Modifications dues à la conservation des farines (*Soc. Chim. de France*, juillet 1936, p. 461).

ADDENDA

227. J. Loeb. — L'examen des blés au laboratoire de Meunerie (*Bulletin de l'Institut Colonial et agricole de Nancy*, 37e année, n° 1).

228. A. Ougrimoff. — Contribution à l'étude des propriétés plastiques des pâtes (*Bulletin de l'École française de Meunerie*, mars 1938, p. 67; mai 1938, p. 136).

229. Henri d'André. — *Bulletin de l'Association des Sélectionneurs de Plantes*, vol. IV, n° 4, déc. 1931.

230. P. Bormans. — Quelques réflexions à propos de la valeur boulangère des blés (*Le Sélectionneur*, vol. 2, fasc. 2, juin 1933, p. 33).

231. G. Noachovitch. — Rapport sur les problèmes que pose l'appréciation de la qualité des blés tendres (*Le Sélectionneur*, vol. 5, fasc. 1, mars 1936, p. 16).

232. F. Bœuf. — *Le Sélectionneur*, vol. 6, fasc. 4, 1927, p. 164.

233. E. Scribaux. — Comment résoudre le problème du bon pain? (*Le Sélectionneur*, mars 1935).

234. Molle. — *Le Sélectionneur*, juin 1935, p. 55.

235. P. Pelsenke. — Influence des engrais sur la capacité de cuisson des céréales panifiables (*Die Ernäh der Pft.*, 1937, vol. XXXIII, p. 322-324; *Annales agronom.*, janvier-février 1938, p. 111).

236. P. Potel. — Connaissances actuelles sur la qualité des blés et farines (*C. R. Ve Congrès Ind. Agric.*, Schevenningue, 1937, t. II, p. 118).

237. Vettel et Pelsenke. — Pouvons-nous sélectionner des blés de qualité à grand rendement (*Annales agronom.*, n° 2, 1935).

238. Dopter et Frémont. — Absorption de l'azote minéral par les plantes supérieures (*Annales agronom.*, n° 4, 1935).

239. B. Arenz. — Contribution à l'étude de l'action de l'azote nitrique et ammoniacal sur la croissance des plantes dans des conditions alimentaires variées (*Bodenk. u. Pflanz.*, 1938, 8, n° 3-4, 182-217. *Annales agronom.*, sept-oct. 1938, p. 823).

240. Lebrun et Radet. — Expérience sur la fumure azotée et potassique de l'avoine et de l'orge en Champagne crayeuse (*Annales agronom.*, mars-avril 1936).

241. Depardon. — Fumure azotée d'un blé d'automne (*Annales agronom.*, mars-avril 1936).

242. P. Molle. — Centre d'expérimentation de la valeur boulangère des blés à Crest (Drôme). (*Sélectionneur*, vol. 4, fasc. 2, juin 1935, p. 55).

243. H. Burgevin et G. Guyon. — Études sur la valeur fertilisante des divers phosphates (*Annales agronom.*, mars-avril 1936 et *Annales agronom.*, juillet-août 1938). (Le rôle de l'expérimentation physiologique dans l'expérimentation agricole).

244. Pratolongo. — Problème et recherches biochimiques sur la technique de la panification (*La Chim. et l'Industria*, Milan, vol. XX, 1938, p. 129-132).

245. O. Loew. — Le rôle de l'acide phosphorique dans la plante (*Die phosphorsaüre*, 1938, vol. O, p. 331-333).

246. Martin et Liwerant. — Station expérimentale de Toulouse (*Annales agronom.*, mars-avril 1936).

247. R. Chaminade. — La rétrogradation du potassium dans les sols (*Annales agronom.*, nov.-déc. 1935, p. 818).

248. Vincent. — Station agronomique de Quimper (*Annales agronom.* mars-avril 1936).

249. J. A. Nartel. — Recherches sur le chaulage des sols. Influence du CO^3Ca et d'un mélange CO^3Ca et CO^3Mg (*Soil liming investigations Journ. Am. Sty Agron.*, 1937, t. XXIX, p. 526-536; *Annales agronom.*, janvier-février 1938, p. 108).

250. A. Gehring. — Nouvelles considérations sur l'action fertilisante des engrais magnésiens (*Zeits f. Pflanz*, XV, 1930, p. 300; *Annales agronom.*, nov.-déc. 1930, p. 782).

251. Dojmidi Delupis. — Antagonisme physiologique entre Ca et Mg et la croissance des plantes (*Zeits f. Pflanz*, 1936, 45, 5-6, 296-303).

252. Popp, Contzen, Nieschlag. — Nouveaux essais sur l'action fertilisante du Mg (*Zeits f. Pflanz*, 1935, 40, n. 5-6, p. 323-358; *Annales agronom.*, mars-avril 1936, p. 327).

253. Boischot (Antibes). — Action du soufre élémentaire (*Annales agronom.*, mars-avril 1936).

254. Lipmann. — Importance du Si, Al, Cl pour les plantes supérieures (*Soil. Sc.*, 1938, 45, p. 189-198; *Annales agronom.*, juillet-août 1938, p. 598).

255. W. Jessen et W. Lesch. — L'influence de la silice, de la tourbe et de l'humus sur la solubilité et l'assimilation d P^2O^5 (*Zeits J. Pflanz*, XVII, 1930, p. 48; *Annales agronom.*, nov.-déc. 1930).

256. Reifengerg. — Influence de la silice colloïdale sur l'assimilation de l'acide phosphorique des phosphates bruts (*Zeits J. Pflanz*, XVII, 1930, p. 1).

257. Trénel. — Importance physiologique de la silice et de l'alumine colloïdale dans des sols minéraux acides (*Annales agronom.*, n° 6, 1934, p. 819).

258. W. Feckes. — Expériences de fumure sur blé en 1934 (Verslagen van der technische tarve commisie IX. Bemesting proeven 1934 Croningen 1934) (*Annales agronom.*, mai-juin 1938, p. 398).

259. Javillier et O. Gaudin. — Influence des engrais chimiques sur la production des principes immédiats de haute activité physiologique (*Chim. et Indust.*, 1938, t. XXXIX, p. 211-224).

260. Demolon. — Recherches sur la fertilisation effectuées par les Stat. agronomiques en 1937 (XI rapport annuel), 1 vol.

261. P. Potel. — Recherches récentes sur la qualité des blés et farines (*Annales agronom.*, nov.-déc. 1936, p. 839).

262. A. Lefort. — Action des fumures déséquilibrées sur la culture de l'avoine et du blé (*Annales agronom.*, mars-avril, 1936).

263. A. Lecrecq. — Contribution à l'étude de l'action des engrais sur la composition minérale des blés (*C. R. A. Agric. de France*, 2 mai 1934, p. 510).

264. M. Scenen. — Quelques considérations sur la valeur boulangère des farines (*Ecole supérieure Bulletin de Louvain*, Avril 1939, p. 81).

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté.

Chimie : Importance de traces d'éléments dans la matière vivante.

Géologie : Les limons quaternaires de Bretagne.

Vu et approuvé :
Rennes, le 4 Juillet 1939
Le Doyen de la Faculté des Sciences,
BOUZAT.

Vu et permis d'imprimer :
Rennes, le 12 Juillet 1939
Le Recteur de l'Académie de Rennes,
GALLETIER.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Introduction 1

TRAVAUX ANTÉRIEURS

A. — **Historique** 5

B. — **Méthodes permettant d'évaluer la valeur boulangère des blés** ..

I. — *Méthodes chimiques* 9
II. — *Méthodes physicochimiques* 14
III. — *Méthodes mécaniques* 15
IV. — *Méthodes d'évaluation par des essais de panification* 17
V. — *Corrélation entre les divers procédés d'évaluation de la valeur boulangère* 19

C. — **Causes influençant la valeur boulangère des blés** .....

I. — *Influence de la race* 24
II. — *Influence du sol* 27
III. — *Influence des engrais* 29

CHOIX ET EXPOSÉ DES MÉTHODES UTILISÉES

A. — **Analyse chimique des blés et des farines** 50

I. — *Mode opératoire* 51
II. — *Essais physicochimiques des blés et des farines* 54

B. — **Analyse des sols** 58

C. — **Analyse des cendres de blés** 59

DEUXIÈME PARTIE

Chapitre premier. — **RAPPORTS ENTRE LE W ET L'AZOTE** .. 63

Chapitre II. — **CULTURES EN POTS DE SABLE, ALIMENTÉS PAR DES SOLUTIONS NUTRITIVES** 73

CHAPITRE III. — **CULTURES EN POTS, SUR TERRES VARIÉES** 81
1. Analyse des terres ... 82
2. Formules d'engrais utilisés ... 86
3. Analyse des blés ... 92
4. Conclusions ... 107
5. Éléments fertilisants enlevés par le blé Wilhelmine à un poids déterminé de terre ... 107

CHAPITRE IV. — **ESSAIS DE CULTURE EN PLEIN CHAMP** ... 111
A. — **Engrais utilisés** ... 112
B. — **Analyse des sols** ... 113
C. — **Analyse des blés** ... 114
I. — *Résultats* ... 114
II. — *Conclusions* ... 121
D. — **Analyse des farines** ... 126
I. — *Méthode et résultats* ... 126
II. — *Conclusions* ... 140
1. Série Tangue ... 141
2. Série Alluvions de Loire ... 141
3. Série Denizé (Tuffeau) ... 142
4. Série Acigné (argile de Rennes) ... 143
5. Série Beaupréau (argile du Choletais) ... 144
6. Série Touvre (Jurassique) ... 144
E. — **Action de quelques facteurs sur les rapports analytiques et les déterminations extensimétriques** ... 146
I. — *Action du sol* ... 146
II. — *Action des engrais en général* ... 147
III. — *Action de l'azote sous forme nitrique ou ammoniacale* ... 149
IV. — *Action de l'acide phosphorique* ... 150
V. — *Action des engrais potassiques* ... 151
VI. — *Action de la magnésie* ... 152
VII. — *Action de la substitution du sulfate de potassium au chlorure* ... 152

CHAPITRE V. — **ESSAIS DE PANIFICATION** ... 154
A. — **Essais de panification sur levure** ... 155
B. — **Essais de panification sur levain** ... 161
C. — **Classement des pains** ... 168
D. — **Remarques relatives aux essais de panification** ... 175

E. — **Action du sol sur le coefficient de panification**..... 178

F. — **Action des engrais sur le coefficient de panification**..... 180

G. — **Relations entre la composition chimique et la valeur du coefficient de panification**..... 182

H. — **Essais de panification avec addition de blé de force**..... 186

CHAPITRE VI. — **QUESTIONS ANNEXES**..... 190

A. — **Maturation des blés**..... 190

B. — **Eléments enlevés sur champ par 10 tiges de blé**..... 193

C. — **Emploi comme engrais du chlorure de calcium**..... 202

1. Essais de 1933 sur pots de sable..... 203
2. Essais de 1934-1935..... 206
3. Essais de 1935-1936..... 208

CHAPITRE VII. — **CONCLUSIONS GÉNÉRALES**..... 213

1. Blés alimentés sur pots de sable par des solutions nutritives..... 213
2. Culture en pots de terre d'origine variée..... 214
3. Culture en plein champ..... 215
4. Formules d'engrais à préconiser d'après les résultats de l'analyse chimique..... 215
5. Formules d'engrais à préconiser d'après les résultats de panification..... 216
6. Vieillissement des blés..... 216
7. Minéralisation des blés et rôle de la silice..... 217
8. Panification..... 217
9. L'ensemble des facteurs anlytiques et non l'un de ces facteurs détermine la valeur boulangère..... 218
10. Correction avec farine de force..... 219
11. Action du chlorure de calcium dans la culture du blé. 219

RÉPERTOIRE DES TABLEAUX D'ENSEMBLE

TABLEAU 1. — Caractéristiques de quelques blés français.. 69 à 71

TABLEAU 2. — Formules des solutions nutritives pour culture sur pots de sable..... 77

TABLEAU 3. — Analyse des blés récoltés sur pots et alimentés par solutions nutritives..... 78-79

TABLEAU 4. — Analyse des terres : Tangue (série A)..... 82

TABLEAU 5. — — Alluvions de Loire (s. B) 83

TABLEAU 6. — — Sable senonien (série C) 83

TABLEAU 7. — — Tuffeau (série D)..... 84

TABLEAU 8. — — Jurassique (série E).... 84

TABLEAU 9. — — Argile (série F)..... 85

TABLEAU 10. — — Terre silico-argileuse (s. G) 85

TABLEAU 11. — Formules d'engrais pour culture sur pots de terres différentes..... 88-91

Analyses des blés de la série :

TABLEAU 12. — A. Culture sur pots de tangue..... 93-94

TABLEAU 13. — B. Culture sur pots de terre d'alluvions..... 95-96

TABLEAU 14. — C. Culture sur pots de sable sénonien..... 97-98

TABLEAU 15. — D. Culture sur pots de tuffeau..... 99-100

TABLEAU 16. — E. Culture sur pots de terre calcaire jurassique 101-102

TABLEAU 17. — F. Culture sur pots de terre argileuse..... 103-104

TABLEAU 18. — G. Culture sur pots de terre silico-argileuse.. 105-106

TABLEAU 19. — Éléments enlevés à 10 kg. de terre par 10 pieds de blé..... 109

TABLEAU 20. — Formules d'engrais pour culture sur champ (pour 50 mètres carrés)..... 112-113

TABLEAU 21. — Analyse des éléments dits « assimilables » par kilogramme de terre fine..... 114

TABLEAU 22. — Analyse des éléments totaux (en grammes pour cent)..... 114

TABLEAU 23. — Analyse des blés cultivés en plein champ.... 115-120

TABLEAU 24. — Analyse du blé de semence « Wilhelmine »..... 121

TABLEAU 25. — Influence du taux de mouture sur les résultats extensimétriques de quelques blés..... 128

TABLEAU 26. — Analyse de la farine obtenue avec le blé « Wilhelmine »..... 130

Tableau 27. — Analyses des farines :
Séries 1, 2 et 3 132-135
Séries 4, 5 et 6 136-139
Tableau 28. — Panification sur levure, en moule métallique 156-160
Tableau 29. — Panification sur levain 162-167
Tableau 30. — Classement des pains sur levure 169
Tableau 31. — Valeur des éléments et rapports caractérisant les farines panifiées sur levure en fonction du coefficient de panification 170-171
Tableau 32. — Classement des pains sur levain 174
Tableau 33. — Valeur des éléments et rapports caractérisant les farines panifiées sur levain en fonction de leur coefficient de panification 172-173
Tableau 34. — Action des différents sols sur le coefficient de panification des farines de blé « Wilhelmine » 179
Tableau 35. — Moyenne des éléments et rapports caractérisant les farines panifiées sur levure en fonction de leur coefficient de panification 183
Tableau 36. — Moyenne des éléments et rapports caractérisant les farines panifiées sur levain en fonction de leur coefficient de panification 183
Tableau 37. — Caractéristiques analytiques des blés cultivés en plein champ en fonction du coefficient moyen de panification 186
Tableau 38. — Analyse de la farine de force 187
Tableau 39. — Résultat des essais de panification avec addition d'un blé de force 188
Tableau 40. — Analyses des farines bis 192-195
Tableau 41. — Minéralisation. Poids d'éléments enlevés aux différentes terres par 10 pieds de blé 199
Tableau 42. — Comparaison entre les teneurs en éléments enlevés par 10 pieds de blé cultivés en pots et sur champ .. 200
Tableau 43. — Analyse des blés obtenus sur les pots n° 5, n° 6 et n° 7 205
Tableau 44. — Expérience de 1934-1935. Rendement 206
Tableau 45. — Analyse des mêmes blés à l'extensimètre 207
Tableau 46. — Analyse chimique des mêmes blés 207-208
Tableau 47. — Expérience de 1935-1936. Rendement 209
Tableau 48. — Analyse chimique des mêmes blés 209-210
Tableau 49. — Analyse des farines de ces mêmes blés 210
Tableau 50. — Résultats de la panification sur levure 211
Tableau 51. — Résultats de la panification sur levain 211

Imp. Oberthur, Rennes-Paris (1558-9-39).